



Università degli Studi di Padova

Corso di laurea in Medicina e Chirurgia

Dipartimento di Scienze Cardio-Toraco-Vascolari e Sanità Pubblica
Direttore: Prof. Federico Rea

UOC di Cardiologia
Direttore: Prof. Sabino Iliceto

TESI DI LAUREA

**Applicazione dei Criteri Internazionali per
l'interpretazione dell'ECG dell'atleta ad una
popolazione pediatrica**

Relatore Prof. Alessandro Zorzi

Laureanda: Laura Manfrin

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

RIASSUNTO	1
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUZIONE.....	5
1.1. Morte Cardiaca Improvvisa nei Giovani Atleti.....	5
1.2. Pre-Participation Screening nel Mondo.....	7
1.3. Pre-Participation Screening in Italia.....	8
1.3.1. Storia e Legislazione.....	8
1.3.2. Applicazione e Risultati.....	9
1.3.3. COCIS 2017.....	12
1.4. Cuore d'Atleta.....	14
1.4.1. Cuore d'Atleta in diagnosi differenziale con alterazioni patologiche.....	15
1.5. Criteri per l'interpretazione dell'ECG a riposo nell'atleta.....	21
1.5.1. L'evoluzione, dal 2005 ad oggi.....	21
1.5.2. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement.....	23
1.5.3. Limiti dell'ECG nel Pre-Participation Screening.....	28
1.6. L'interpretazione dell'ECG in età pediatrica.....	29
1.7. L'interpretazione dell'ECG nell'atleta di età pediatrica.....	31
1.8. Necessità di criteri specifici per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta pediatrico.....	34
2. SCOPO DELLO STUDIO.....	37
3. MATERIALI E METODI.....	39
3.1. Analisi Statistica.....	42
4. RISULTATI.....	43

4.1. Descrizione della Popolazione.....	43
4.1.1. Popolazione Totale.....	43
4.1.2. Sottopopolazione con età ≤ 12 anni.....	50
4.1.3. Sottopopolazione con età > 12 anni.....	52
4.2. Confronto delle alterazioni ECG Normali, Borderline e Anormali...53	
4.2.1. Età.....	53
4.2.2. Sesso.....	59
4.2.3. Quantità di Allenamento.....	63
4.2.4. Tipologia di Sport.....	66
5. DISCUSSIONE.....	69
5.1. Popolazione.....	69
5.2. Alterazioni elettrocardiografiche Normali.....	70
5.2.1. Età.....	71
5.2.2. Sesso.....	74
5.3. Alterazioni elettrocardiografiche Borderline.....	75
5.3.1. Età e Sesso.....	75
5.4. Alterazioni elettrocardiografiche Anormali.....	76
5.5. Alterazioni elettrocardiografiche e differenze di genere.....	78
5.6. Alterazioni elettrocardiografiche e quantità di Allenamento.....	80
5.7. Alterazioni elettrocardiografiche e tipologia di Sport.....	82
5.8. Proposta: creazione di criteri specifici per l'età pediatrica.....	83
6. LIMITI DELLO STUDIO.....	87
7. CONCLUSIONI.....	89
8. BIBLIOGRAFIA.....	91

LISTA DELLE ABBREVIAZIONI

AHA: American Heart Association
BAV: Blocco Atrio-Ventricolare
BBDX: Blocco di Branca Destro
BBSX: Blocco di Branca Sinistro
BEV: Battiti Ectopici Ventricolari
CMD: Cardiomiopatia Dilatativa
CMI: Cardiomiopatia Ipertrofica
ESC: Società Europea di Cardiologia
FA: Fibrillazione Atriale
FV: Fibrillazione Ventricolare
IVD: Ipertrofia Ventricolare Destra
IVS: Ipertrofia Ventricolare Sinistra
PPS: Pre-Participation Screening
RMC: Risonanza Magnetica Cardiaca
RP: Ripolarizzazione Precoce
SCD: Morte Cardiaca Improvvisa
TV: Tachicardia Ventricolare
TWI: T-Wave Inversion
VD: Ventricolo Destro
VS: Ventricolo Sinistro

Alterazioni Normali: l'insieme delle alterazioni elettrocardiografiche come descritte nei Criteri Internazionali del 2017, dove prendono il nome di *Normal ECG findings in athletes (1)*

Alterazioni Borderline: l'insieme delle alterazioni elettrocardiografiche come descritte nei Criteri Internazionali del 2017, dove prendono il nome di *Borderline ECG findings in athletes (1)*

Alterazioni Anormali: l'insieme delle alterazioni elettrocardiografiche come descritte nei Criteri Internazionali del 2017, dove prendono il nome di *Abnormal ECG findings in athletes (1)*

RIASSUNTO

Background. La morte cardiaca improvvisa è un evento tragico, che può rappresentare la prima manifestazione clinica di una malattia cardiovascolare sottostante nei giovani atleti. Lo screening pre-agonistico (PPS) che comprende l'ECG a 12 derivazioni a riposo, si è dimostrato decisivo nel ridurre la mortalità tra gli atleti che vi si sottopongono. La partecipazione allo Screening, in Italia, è obbligatoria per partecipare all'attività sportiva agonistica. L'età di inizio dello screening è definita dalle singole Federazioni Sportive e talvolta include soggetti con età inferiore a 12 anni. Si apre così un problema, in quanto gli attuali criteri per l'interpretazione dell'ECG a riposo eseguito nel contesto della visita medico sportiva sono validati per soggetti con età compresa tra i 12 e i 35 anni.

Scopo dello studio. Scopo del nostro studio è stato definire la prevalenza delle alterazioni ECG (Normali, Borderline, Anormali, come definite dai Criteri Internazionali) nella popolazione ≤ 12 anni, rispetto agli atleti di età maggiore, definire quali di queste siano allenamento correlate e valutare se l'applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 a una popolazione di età inferiore è opportuno o se è necessario apporre delle modifiche per adattarli all'età pediatrica.

Materiali e Metodi. È uno studio multicentrico eseguito presso i centri di Medicina dello Sport di Padova e Noale. Sono stati arruolati retrospettivamente atleti di entrambi i sessi, con età compresa tra i 7 e i 18 anni, sottoposti a visita medico-sportiva pre-agonistica negli anni 2019-2022, indipendentemente dalla disciplina sportiva svolta. Il protocollo di screening per gli atleti agonisti è definito dalla legge Italiana. L'ECG è stato interpretato secondo le raccomandazioni dei Criteri Internazionali del 2017.

Risultati. La popolazione finale è risultata essere di 2139 atleti (età media $12,5 \pm 2,61$ anni). 151 atleti sono stati sottoposti ad accertamenti di secondo livello e sono state poste 10 nuove diagnosi. Le alterazioni elettrocardiografiche più frequenti riscontrate sono state: BBDX Incompleto (22,8%), RP (14,8%) e IVS (13,8%). Complessivamente, il 53,6% degli atleti presentava almeno una delle alterazioni ECG Normali dei Criteri Internazionali, l'1,9% almeno una alterazione Borderline

e lo 0,7% almeno una di quelle Anormali. La prevalenza di BBDX Incompleto ($p<0,001$), RP ($p<0,001$), Bradicardia sinusale ($p<0,001$), BAV di 1° grado ($p<0,001$), è significativamente maggiore negli atleti di età superiore. Inoltre, nei soggetti di età inferiore non sembra esserci una correlazione tra la prevalenza di tali alterazioni all'ECG ed il grado di allenamento.

Conclusioni. La bradicardia sinusale, il BAV di 1° e di 2° grado Mobitz 1 sono reperti estremamente rari negli atleti con età ≤ 12 anni e non sembrano essere allenamento-correlati. Si ritiene quindi opportuno considerarle come alterazioni Anormali nella popolazione pediatrica. In questa particolare popolazione, date le evidenze in letteratura, si ritiene opportuno spostare anche il BBDX completo tra le alterazioni Anormali e di modificare da 2 a 1 il cut-off per il numero di BEV nell'ECG a riposo da considerare Anormali.

ABSTRACT

Background. Sudden cardiac death is a tragic event that can represent the first clinical manifestation of an underlying cardiovascular disease in young athletes. Pre-Participation Screening (PPS), comprehensive of a resting 12 lead ECG, has been demonstrated to be decisive in the reduction of mortality between athletes who take part in it. Undergoing PPS is mandatory in Italy to participate in agonistic sport activities. Sports federations decide the starting age for the screening of their athletes, sometimes including children under the age of 12. This creates a problem, as the actual criteria for resting ECG interpretation during PPS are validated for athletes aged 12 to 35 years old.

Aim. The purpose of our study is to define the prevalence of ECG alterations (Normal, Borderline, Abnormal, as defined in the 2017 International Criteria) in a population of ≤ 12 years old, to compare it with a population of adolescent athletes, to define whether these alterations are training-related and to consider if the application of the 2017 International Criteria to a younger population is appropriate or if an adaptation for the pediatric age is needed.

Methods. It is a multicentric study carried out in the Centers of Sport Medicine of Padova and Noale in 2019-2022. Athletes of both sexes aged 7-18 undergoing PPS were retrospectively included, irrespective of the type of sport they practiced. The screening protocol for agonist athletes is defined by the Italian Law. ECG was interpreted as recommended by the 2017 International Criteria.

Results. The final population resulted of 2139 athletes (mean age $12,5 \pm 2,61$ years old). 151 athletes underwent second level medical investigations, and 10 new diagnoses were made. The most frequent electrocardiographic anomalies were: Incomplete RBBB (22,8%), ER (14,8%), LVH (13,8%). Comprehensively, 53,6% of athletes presented at least one Normal ECG anomaly of the International Criteria, 1,9% and 0,7% at least one of the Borderlines and Abnormal, respectively. The prevalence of: Incomplete RBBB ($p < 0,001$), ER ($p < 0,001$), sinus Bradycardia ($p < 0,001$), First degree AV block ($p < 0,001$) is significantly higher in older athletes.

Furthermore, in younger children there seems to be no evidence of correlation between the prevalence of those ECG alterations and training volume.

Conclusion. Sinus Bradycardia, first-degree and second-degree Mobitz 1 type AV blocks are extremely rare in athletes aged 12 years old or younger, and they do not seem to be training-related. It would be appropriate to consider them as Abnormal findings in the pediatric population. In this particular population, considering literature evidence, we suggest to transfer also complete RBBB between Abnormal alterations, and to reduce from 2 to 1 the cut-off for the number to be considered Abnormal of PVC found in resting ECG.

1. INTRODUZIONE

1.1. MORTE CARDIACA IMPROVVISA NEI GIOVANI ATLETI

La principale causa di morte negli atleti durante l'attività sportiva è la morte cardiaca improvvisa (SCD), dovuta, negli atleti più giovani, a un insieme di cause genetiche, strutturali ed elettriche.(2) Si tratta fortunatamente di un evento molto raro, ma quando succede, la tragicità di queste morti impatta fortemente sulle comunità. L'incidenza di SCD nei giovani atleti con età inferiore ai 35 anni è di circa 0,6-3,6 su 100.000 persone per anno, con variabilità legata all'eterogeneità delle modalità di raccolta dei dati, alle differenze etniche e ai diversi sistemi sanitari. Il rischio di SCD negli atleti aumenta con l'aumentare dell'età ed è maggiore nei soggetti di sesso maschile. (3,4)

Gli adolescenti e i giovani adulti che praticano attività sportiva hanno un rischio stimato maggiore di 2,8 volte rispetto alla controparte sedentaria di andare incontro a SCD. (5) Non si tratta dello sport in sé, ma l'esercizio fisico in soggetti con un'anomalia cardiaca sottostante misconosciuta può scatenare l'insorgenza di aritmie che possono portare a loro volta ad arresto cardiaco durante l'attività sportiva.

In una recente metanalisi di D'Ascenzi et al. che ha analizzato le più frequenti cause di SCD tra gli atleti rispetto ai non atleti a livello globale è emerso che nella maggior parte dei casi la morte improvvisa tra gli atleti si verifica nei soggetti con cuore strutturalmente normale (19,7%), al secondo posto si ha la cardiomiopatia ipertrofica (CMI, 14,1%). (6)

Si possono inoltre evidenziare delle differenze geografiche: negli Stati Uniti la causa più frequente di SCD è la CMI (36%) (7), mentre in Europa e in particolare in Italia le cause più frequenti sono la patologia aterosclerotica coronarica e la cardiomiopatia aritmogena (causa di circa un quarto dei casi fatali). (5)

Nel nostro Paese, la CMI è una delle principali cause di SCD nei giovani che non praticano attività sportiva, mentre lo è raramente negli atleti della stessa età. Questo probabilmente perché in Italia tutti gli atleti sono sottoposti al PPS, e tramite l'EKG

a riposo si riescono a individuare la maggior parte delle CMI, così da prevenirne la morte “sul campo”. (8)

Oltre alla CMI, altre patologie potenzialmente responsabili di SCD e che possono essere individuate tramite esecuzione di ECG a 12 derivazioni eseguito a riposo sono: la cardiomiopatia aritmogena, la cardiomiopatia dilatativa, la sindrome di Wolff-Parkinson-White, le canalopatie (tra cui ad esempio la sindrome del QT lungo e del QT corto e di Brugada). È stato dimostrato che l’ECG a riposo è in grado di individuare il 95% dei pazienti con CMI e l’80% di quelli con cardiomiopatia aritmogena.(9)

Il verificarsi di una SCD è spesso la prima manifestazione di una patologia cardiovascolare sottostante che fino a quel momento ha avuto un decorso silente. (10) Questo dovrebbe far riflettere sul fatto che uno screening basato solamente su anamnesi ed esame obiettivo sia di dubbia incisività per quanto riguarda l’identificazione di atleti a rischio di SCD.

Volendo focalizzare l’attenzione sull’età pediatrica, uno studio retrospettivo nazionale danese ha analizzato le cause di SCD nella popolazione con età tra 1 e 18 anni, ed è emerso che l’incidenza di SCD è stata di 1.1 su 100.000 persone per anno. Nella maggior parte dei casi si è trattato di morti inspiegate, tra le cause identificate le più frequenti sono state le miocarditi (8 su 88 casi totali) e la cardiomiopatia aritmogena (4 su 88). Nel 14% dei casi la morte è sopraggiunta durante attività fisica di intensità moderata o elevata.(11)

1.2. PRE-PARTICIPATION SCREENING NEL MONDO

Negli Stati Uniti, da più di 50 anni viene praticato di routine uno Screening degli atleti durante gli anni delle scuole superiori e del College, basato esclusivamente su anamnesi (tramite un questionario articolato in 14 punti che indaga la storia personale e familiare, con particolare attenzione verso casi di SCD in famiglia) ed esame obiettivo (che comprende misurazione della pressione arteriosa, auscultazione cardiaca e ricerca di segni di patologie del connettivo). Solo se vengono trovate anomalie viene indicata l'esecuzione di un ECG o altri approfondimenti.(12)

Come si evince dalla *Tabella 1*, nella maggior parte dei Paesi Europei viene praticato un PPS in cui oltre ad anamnesi ed esame obiettivo viene richiesta o quantomeno consigliata l'esecuzione di un elettrocardiogramma.

Lo screening tramite ECG viene anche consigliato dal Comitato Olimpico Internazionale (Raccomandazioni di Losanna), dalla Società Europea di Cardiologia e dalla maggior parte delle Società di Cardiologia e di Medicina dello Sport europee.

PPS IN ALTRE NAZIONI EUROPEE

Country	Medical/Sports Associations	Target Athletic Population	Screening Protocol
Luxembourg	National Sports Ministry, Olympic Medical Committee, National Association of Sports Physicians	Competitive athletes of all sports	History, physical examination, ECG (required)
Sweden	National Board of Health and Welfare, National Federations of Sports	Elite athletes of all sports	History, physical examination, ECG (recommended)
Norway	Norwegian Football Association Medical Committee	Professional football athletes	History, physical examination, ECG, echocardiography (required)
Germany	German Association of Sports Medicine, National Sports Federations	Professional athletes of all sports	History, physical examination, ECG, echocardiography, exercise testing (required)
Poland	Ministry of Sports and Tourism, Ministry of Health, Polish Cardiac Society, Sports Federations	Competitive athletes (age <23 yrs) of all sports and national team members	History, physical examination, ECG (required)
France	National Sports Ministry	Professional athletes of all sports	History, physical examination, ECG, echocardiography, exercise testing (required)
	French Society of Cardiology	Competitive athletes of all sports	History, physical examination, ECG (recommended)
Scotland	Government Department of Health	Competitive football athletes (age 16 yrs)	History, physical examination, ECG (required)
England	British Lawn Tennis and Football Associations	Competitive athletes	History, physical examination, ECG (required)
Greece	Hellenic College of Sports Medicine, National Sports Federations	Competitive athletes of all sports	History, physical examination, ECG (recommended)
Belgium	National Sports Federations	Athletes of cycling and motocross sports	History, physical examination, ECG (required)
Spain	High Sports Government Council	Competitive athletes of all sports	History, physical examination, ECG (recommended)
The Netherlands	Working group of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, National Olympic Committee, National Sports Federations, Netherlands Society of Cardiology	Competitive athletes of all sports Elite athletes of cycling, motor and flying sports, and diving	History, physical examination, ECG (recommended) History, physical examination, ECG (required)

ECG = electrocardiography; competitive athletes = athletes engaged in a regular fashion in exercise training and participating in official athletic competitions as an organized team or individual sport event; elite athletes = athletes of I and II leagues; professional athletes = elite athletes engaged in athletic activities with a labor contract.

Tabella 1, Da (13)

1.3. PRE-PARTICIPATION SCREENING IN ITALIA

In Italia, lo sport viene suddiviso in:

- Sport Professionistico, regolato dal D.M. del 13 marzo 1999 “Tutela sanitaria degli atleti professionisti”.
- Sport Agonistico (trattato nel seguente paragrafo).
- Sport non Agonistico, regolato dal D.M. del Ministero della salute dell’8 agosto del 2014 *Approvazione delle linee guida in materia di certificati medici per l’attività sportiva non agonistica*. Anche coloro che praticano uno Sport non Agonistico necessitano di una certificazione e devono sottoporsi a controllo medico annuale. Il certificato può essere emesso, previa esecuzione di anamnesi, esame obiettivo con misura della pressione arteriosa ed elettrocardiogramma, dai Medici di Medicina Generale e dai Pediatri di libera scelta (relativamente ai propri assistiti), dagli specialisti in medicina dello Sport, dai Medici della Federazione Medico-Sportiva Italiana e del CONI.
- Sport Amatoriale e Attività Ludico-ricreativa.

1.3.1. Storia e Legislazione

In Italia il legislatore pone attenzione alla salute di chi pratica attività sportiva, il tema viene trattato per la prima volta nella legge n. 1055 del 28 dicembre 1950, successivamente la normativa viene aggiornata con la legge n.1099 del 26 ottobre 1971, che nell’articolo 2 recita: *La tutela sanitaria si esplica mediante l’accertamento obbligatorio, con visite mediche di selezione e di controllo periodico, dell’idoneità generica e della attitudine di chi intende svolgere o svolge attività agonistico sportive. Le visite mediche sono gratuite, tranne per coloro che svolgono professionalmente attività agonistica.*

Nella medesima legge vengono istituiti i corsi di medicina dello sport (art.8). La legge è stata poi attuata con il D.M. del Ministero della Sanità del 5 luglio 1975 “Disciplina dell’accesso alle singole attività sportive”.

La normativa tutt’ora vigente si basa sul D.M. del Ministero della Sanità del 18 febbraio 1982, con norme integrative del D.M. del 28 febbraio 1983. Il legislatore

ribadisce come chi pratici attività sportiva agonistica debba sottoporsi a un periodico controllo dell'idoneità specifica allo sport. Viene inoltre specificato che la qualificazione agonistica è demandata alle Federazioni Sportive Nazionali.

Gli accertamenti necessari per ottenere l'idoneità agonistica e la periodicità degli stessi varia in rapporto allo sport praticato, e sono prefissati dalla legge.

Gli sport agonistici vengono suddivisi in due categorie, a seconda dell'impegno fisico che richiedono:

- Sport della tabella A, con impegno muscolare e cardio-respiratorio lieve o moderato. L'idoneità di tipo A può avere validità annuale o biennale, esempi di sport che vi fanno parte sono: automobilismo, golf, tennis da tavolo, tiro con l'arco, slittino e altri.
- Sport della tabella B, con impegno muscolare e cardio-respiratorio elevato, l'idoneità di tipo B ha sempre valenza annuale.

Rientrano tra gli accertamenti richiesti per tutti gli sport elencati nell'allegato al sopracitato decreto: visita medica, esame completo delle urine ed elettrocardiogramma a riposo. Solo per gli sport appartenenti alla tabella B del medesimo allegato si aggiungono, come accertamenti necessari: elettrocardiogramma dopo sforzo e spirometria.

Nel decreto viene inoltre esplicitato che la visita medica deve comprendere:

- Anamnesi, con determinazione del peso corporeo e della statura;
- Esame Obiettivo, con esame dell'acuità visiva e rilievo della percezione della voce sussurrata a 4 m di distanza.

1.3.2. Applicazione e Risultati

Secondo i dati dell'ISTAT, nel 2019, in Italia, più del 60% dei bambini con età inferiore ai 14 anni praticava sport in modo continuativo, mentre tra i 15 e i 17 anni tale percentuale si attestava al 52,1%. Da questi dati si può intuire come vi sia una percentuale rilevante di bambini e adolescenti interessati dallo screening. (54)

Dal 1982 dunque, in Italia, è iniziato un programma di screening (PPS) unico al mondo, che coinvolge tutti gli atleti che praticano attività sportiva agonistica.

L'obiettivo del PPS è quello di identificare condizioni latenti che possono portare l'atleta a morte improvvisa durante l'attività sportiva, l'atleta inoltre viene

indirizzato a un percorso di cura tale da permettere la migliore gestione della propria patologia.

Nel 2006 Corrado et al. hanno pubblicato uno studio in cui sono stati valutati i risultati dell'introduzione del PPS nella regione del Veneto. In particolare, sono stati esaminati i trend di mortalità dal 1979 (ovvero prima dell'introduzione del PPS) al 2004, confrontando giovani atleti e non atleti di pari età. È stato confermato che con l'applicazione dello screening la mortalità dei giovani atleti che praticano sport si è ridotta rispetto a quella dei coetanei sedentari, con un'inversione del trend che si aveva negli anni precedenti l'introduzione dello screening.(3) (*Figura 1*). Sempre nel medesimo studio è emerso che l'incidenza annuale di SCD negli atleti è diminuita dell'89% andando a comparare gli anni precedenti l'introduzione dello screening (1979-1981) rispetto al periodo tra 1993 e 2004. Durante i 26 anni dello studio invece, l'incidenza di SCD tra i non atleti della stessa fascia d'età non è variata in modo significativo. La diminuzione di mortalità tra gli atleti era legata soprattutto alla diminuzione dell'incidenza di morte da cardiomiopatie; parallelamente, durante lo stesso periodo, si è documentata un aumento delle diagnosi di cardiomiopatie rispetto a quello che avveniva in precedenza.

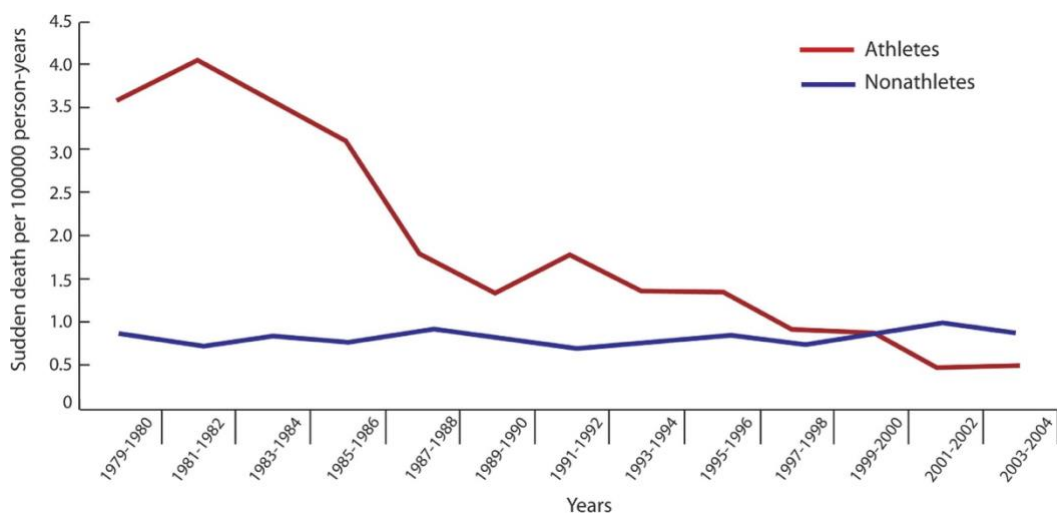


Figura 1, Modificata da (2)

Tassi di incidenza annuale di SCD tra atleti agonisti sottoposti a PPS e non-atleti non sottoposti a screening, età compresa tra 12 e 35 anni, regione del Veneto (Italia) anni dal 1979 al 2004.

La possibilità di praticare uno sport agonistico in Italia è dunque subordinata all'acquisizione dell'idoneità medico-sportiva, che può essere rilasciata solo da uno specialista qualificato, il medico specialista in medicina dello sport. La figura del medico dello sport è una peculiarità del nostro Paese; infatti, nella letteratura internazionale viene frequentemente sottolineato come una possibile difficoltà nell'esportazione del PPS così come viene fatto in Italia è proprio la carenza, in altre Nazioni di medici in grado di interpretare correttamente la clinica e l'ECG dei giovani atleti. Per questo motivo si suppone che l'efficacia del PPS in Italia possa più difficilmente essere eguagliata altrove, anche considerando le caratteristiche del nostro Sistema Sanitario Nazionale.(14,15)

Il medico Specialista in Medicina dello Sport si può avvalere della consulenza di altri specialisti per la valutazione clinica, può inoltre richiedere altri esami strumentali sport-specifici o accertamenti specialistici.

La definizione di attività sportiva agonistica sta alle singole Federazioni sportive nazionali, al CONI e ad altri Enti sportivi riconosciuti, il criterio è quasi sempre anagrafico.

Ad esempio, viene considerata attività sportiva agonistica a partire da (55):

- 8 anni per ciclismo BMX e trial, nuoto, tennis, ginnastica e altri;
- 9 anni per canoa, nuoto sincronizzato, pallanuoto, canottaggio e altri;
- 10 anni per pallavolo, scherma, Taekwondo e altri;
- 11 anni per pallacanestro e altri;
- 12 anni per calcio, atletica leggera, arti marziali, rugby, sci alpino e altri;

Spesso quindi vengono riconosciuti come agonisti atleti con età inferiore ai 12 anni. In questo modo però si presenta un problema, in quanto gli attuali criteri per l'interpretazione dell'ECG a 12 derivazioni a riposo eseguito nel contesto della visita medico sportiva sono validati per soggetti con età compresa tra i 12 e i 35 anni.

1.3.3. COCIS 2017

Il Comitato Organizzativo Cardiologico per l'Idoneità allo Sport (COCIS) ha pubblicato nel 2017 i *Protocolli cardiologici per il giudizio di idoneità allo sport agonistico* (56), un documento che fornisce indicazioni circa la visita cardiologica nel contesto del PPS. Viene riportata una classificazione degli sport, effettuata tenendo conto della presenza ed entità del rimodellamento cardiaco, in particolare degli adattamenti a lungo termine che coinvolgono volumi cardiaci, spessore delle pareti e della massa cardiaca:

- Tipo A, Sport di Postura e Destrezza, in cui vi può essere un coinvolgimento del sistema neuro-adrenergico ma il sovraccarico emodinamico è sostanzialmente assente. In questi casi il cuore non va incontro a sostanziali rimodellamenti morfologici.
- Tipo B, Sport di Potenza, caratterizzati da un impegno energetico di tipo anaerobico. In questi sport aumentano gli spessori parietali con scarso incremento dei volumi dei ventricoli, aumenta dunque anche la massa miocardica.
- Tipo C, Sport Misti, tipicamente si tratta di sport a squadre con la palla, in cui gli aumenti del precarico e/o post-carico sono intervallati a fasi di recupero. In questi casi si verifica un aumento delle dimensioni endocavitari del cuore con un aumento poco marcato degli spessori di parete del VS.
- Tipo D, Sport Aerobici, praticati da atleti di resistenza. Durante tali attività si ha un aumento della gittata cardiaca caratterizzato soprattutto da un aumento del precarico. Il cuore si rimodella aumentando tutte le dimensioni endocavitari con un corrispettivo aumento degli spessori di parete del VS.
- Tipo E, Sport Aerobici/anaerobici massivi. Durante la pratica di tali sport si ha un importante aumento delle resistenze periferiche e dunque del post-carico, questo comporta un maggior ispessimento delle pareti ventricolari.

Il COCIS nel suddetto documento fornisce anche raccomandazioni per la raccolta di anamnesi, esame obiettivo e per la corretta interpretazione dell'ECG nello screening cardiologico dell'atleta.

Per quanto riguarda l'anamnesi, è importante inquadrare il grado di allenamento dell'atleta che si presenta alla visita, così da poter correlare eventuali reperti riscontrati all'obiettività e all'ECG. Fondamentale è l'anamnesi familiare, in cui bisogna chiedere informazioni a proposito di familiarità per patologie cardiovascolari, per morti improvvise inspiegate giovanili e per altre condizioni come incidenti o annegamenti inspiegati.

Nell'anamnesi personale bisogna soffermarsi su patologie già note, sull'identificazione di fattori di rischio per coronaropatia e sulla presenza di sintomi e segni d'allarme. Nello specifico, questi ultimi sono: dolore toracico da sforzo, sincope o pre-sincope da sforzo e/o ripetute, palpitazioni, dispnea eccessiva, crisi convulsive inspiegate; se vengono riferiti, è necessario eseguire approfondimenti diagnostici.

Nell'esame obiettivo bisogna valutare la presenza di soffi, palpare i polsi femorali, osservare la presenza di caratteristiche tipiche della Sindrome di Marfan e misurare la pressione arteriosa.

1.4. CUORE D'ATLETA

Cuore d'atleta è un termine generico con cui si intendono tutti gli adattamenti dell'apparato cardiovascolare dovuti all'attività fisica.

L'American Heart Association/American College of Cardiology hanno posto come definizione di atleta agonista “colui che prende parte ad un'attività sportiva di squadra o individuale basata sul mettersi con regolarità in competizione con altri, che pone in alta considerazione l'eccellenza e il raggiungimento dei risultati e che richiede una qualche forma di allenamento sistematico e solitamente intenso.”(12)

In risposta a un allenamento di intensità elevata ripetuto con costanza (almeno 4 ore a settimana) per un lungo periodo, l'apparato cardiovascolare sviluppa una serie di meccanismi adattativi definiti cuore d'atleta, che si associano a reperti elettrocardiografici specifici che nell'atleta devono dunque essere considerati fisiologici e non richiedono accertamenti.

Come precedentemente accennato, le diverse tipologie di sport che hanno differenti metodiche di allenamento inducono diversi fenotipi di adattamento.

La distinzione più importante è tra attività di Potenza, statiche (valutate in termini di percentuale stimata della massima contrazione muscolare statica volontaria) e di Endurance, dinamiche (definite in termini di massimo uptake di ossigeno). Tutti i tipi di sport includono entrambe queste componenti, ma con differenti contributi relativi. Inoltre, sia l'esercizio fisico statico che quello dinamico provocano un aumento della richiesta di ossigeno da parte del miocardio.

L'esercizio di tipo statico comporta importanti e persistenti variazioni della pressione arteriosa, con invece una modifica relativamente contenuta in termini di frequenza cardiaca e volumi ventricolari. Di contro, durante l'attività di tipo dinamico sono predominanti i cambiamenti della frequenza cardiaca e dei volumi ventricolari. (16)

Indipendentemente dal tipo di attività, durante il rimodellamento esercizio-indotto l'aumento della massa ventricolare del VS si è dimostrato essere proporzionale all'aumento del volume cavitario.(17)

In generale, si può affermare che si verifica un aumento della massa cardiaca biventricolare, un aumento cavitario e dello spessore parietale.

Questo si riflette a livello elettrocardiografico in un aumento dei voltaggi del QRS, gli atleti presentano infatti più frequentemente rispetto ai soggetti sedentari i criteri di voltaggio per Ipertrofia Ventricolare Sinistra (IVS) e Ipertrofia Ventricolare Destra (IVD). Un'altra alterazione elettrocardiografica che sembra essere correlata all'aumento di dimensioni del Ventricolo Destro (VD) è la presenza di Blocco di Branca Destro (BBDX) incompleto.(1)

Oltre al rimodellamento strutturale, sono presenti anche delle modificazioni neuroautonomiche: si ha un aumento del tono vagale e una riduzione dell'attività simpatica. Questi adattamenti si accompagnano, a livello elettrocardiografico a una maggior prevalenza di: Ripolarizzazione Precoce (RP), Bradicardia Sinusale e Aritmia Sinusale. Sono invece marker meno comuni di un incremento del tono vagale: il Ritmo Atriale Ectopico o Giunzionale, il Blocco Atrio-Ventricolare (BAV) di 1° grado, il BAV di 2° grado tipo Mobitz 1 con il fenomeno di Wenckebach.

Infine, si possono riscontrare degli adattamenti funzionali del cuore, aumenta la gittata cardiaca con una conservata funzione sistolica ventricolare e con pattern di riempimento normale.

1.4.1. Cuore d'Atleta in diagnosi differenziale con alterazioni patologiche

È molto importante differenziare il rimodellamento benigno e fisiologico del cuore d'atleta da alterazioni cardiache sottostanti che possono invece essere pericolose e aumentare il rischio di SCD. *Figura 2*

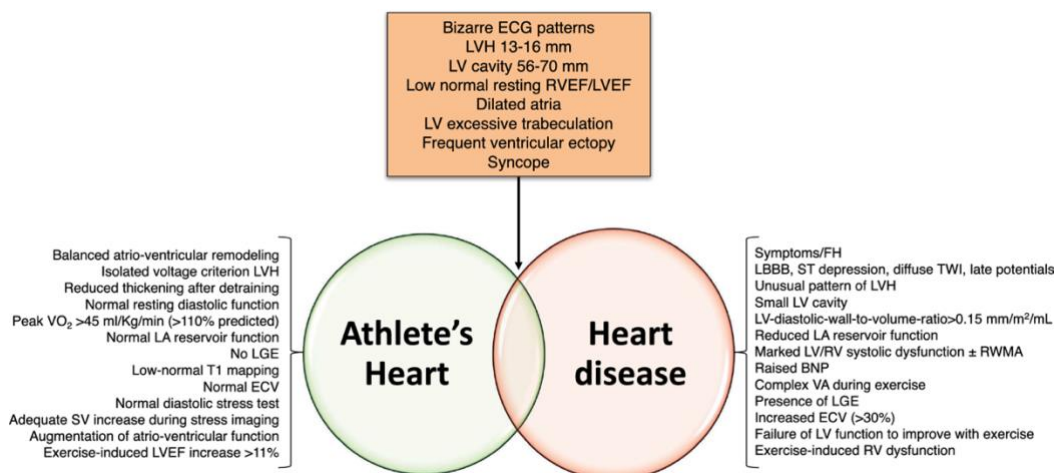


Figura 2 da (16)







Criteria clinici usati per distinguere una patologia cardiaca dal cuore d'atleta in pazienti con caratteristiche fenotipiche di overlap.

È stata posta una particolare attenzione alla necessità di distinguere l'ipertrofia ventricolare indotta dall'allenamento da quella patologica della CMI, una delle principali cause di SCD nei giovani atleti.

Pelliccia et al. (18) hanno svolto uno studio apposito per quantificare il massimo spessore della parete del VS che può essere considerato un effetto del fisiologico rimodellamento indotto dall'esercizio intenso in atleti di alto livello.

Per lo svolgimento di questo studio sono stati valutati ecocardiograficamente 947 atleti che afferivano al Comitato Olimpico, dunque tutti atleti d'élite, che praticavano da anni un allenamento vigoroso, l'età media era di 22 anni, il 78% erano maschi. Solo l'1,7% degli atleti presentava uno spessore della parete del ventricolo sinistro pari o superiore a 13 mm, e superando quindi il cut-off che rende possibile la diagnosi di CMI. Tutti questi atleti erano maschi in età giovane (16-27 anni), e praticavano uno sport di Endurance. Altre alterazioni presenti in questi atleti erano l'aumento cavitario di fine diastole del VS e un aumento dell'indice di massa del VS. Il massimo spessore parietale del VS trovato in un atleta di questo studio è stato di 16 mm. Uno spessore di parete tra 13 e 16 mm viene considerata una gray-zone tra la condizione di cuore d'atleta e di possibile CMI (ovviamente è necessario accertarsi che la tipologia di allenamento praticato da un soggetto che si trovi nella zona grigia possa effettivamente essere responsabile di un rimodellamento così importante).

Si può dunque asserire che nella maggior parte dei casi il rimodellamento cardiaco esercizio-indotto non supera il cut-off che permette di sospettare una CMI. Nella minima percentuale di atleti che rientrano nella gray-zone, è necessario procedere con valutazioni cliniche e di imaging che permettano di fare una diagnosi differenziale. Nella *Figura 3* sono riportati i reperti che fanno propendere o scoraggiano verso l'ipotesi di CMI.(19)

A		
NON PATHOLOGICAL HYPERTROPHY	NON PATHOLOGICAL «GREY-ZONE» HYPERTROPHY	PATHOLOGICAL HYPERTROPHY
		
<i>Athlete's heart remodeling</i>	<i>Athlete's heart remodeling in association with high BMI and/or high blood pressure</i>	<i>Hypertrophic Cardiomyopathy</i>
		

B			
«GREY-ZONE» LV HYPERTROPHY (maximum wall thickness 13–16 mm)			
	Against HCM diagnosis	Supporting HCM diagnosis	
IMAGING	Hypertrophy	Simmetric	Asimmetric
	LV cavity size	Large	Small
	LA dilatation	None/mild	Moderate/severe
	Diastolic function	Normal	Abnormal
	LGE on CMR	Absent	Present
	LVOT obstruction	Absent	Present
	Effect of detraining	Normalization	No changes
OTHER TESTS	Family history	Negative	Positive
	Genetics	Negative	Positive
	ECG abnormalities	Absent	Present
	Arrhythmias	Absent	Present
	BMI	High	Normal
	Blood pressure (baseline and during ET)	Borderline/high	Normal

Figura 3, da (19)

Spettro di rimodellamento del VS in atleti maschi caucasici di élite e diagnosi differenziale con la CMI.

Il cuore d'atleta presenta aspetti di overlap anche con la cardiomiopatia dilatativa (CMD), ovvero la riduzione della frazione di eiezione e l'ingrandimento cavitario. Ai fini della diagnosi differenziale, varie metodiche possono essere utilizzate, anche in combinazione. Nell'ECG a riposo, reperti frequenti nella CMD e rari nel cuore d'atleta sono: bassi voltaggi, TWI, ingrandimento atriale sinistro, deviazione assiale sinistra, onda Q patologica, BBSX, BBDX, BEV, FA. Dal punto di vista ecocardiografico, si nota che negli atleti di Endurance la LVIDd (Dimensione Ventricolare Interna del VS in diastole) può superare il cut-off fissato a 60 mm (20), inoltre non è infrequente che si riscontri anche una lieve riduzione della FE. Abergal et al. hanno trovato che l'11% di un gruppo di ciclisti professionisti che avevano preso parte al Tour di Francia soddisfaceva i criteri per CMD. (21)

È stato ipotizzato che per svolgere la diagnosi differenziale si possa ricorrere a un Eco-stress, basandosi sul rationale che gli atleti sani con una FE ridotta a riposo riescano ad aumentare l'output cardiaco durante l'esercizio. Al momento non sono disponibili sufficienti dati in letteratura per confermare questa ipotesi. (22)

I rimodellamenti dell'apparato cardiovascolare sport-correlati coinvolgono anche il VD, le principali alterazioni descritte in letteratura sono sintetizzate nell'articolo di D'Ascenzi et al. (23):

- le dimensioni cavitare e la massa ventricolare destra aumentano in seguito a un allenamento intenso e prolungato, superando i valori di riferimento per la popolazione generale;
- una percentuale rilevante di atleti agonisti soddisfa i criteri ecocardiografici dimensionali minori e maggiori per la diagnosi di cardiomiopatia aritmogena del VD;
- il tipo di sport, l'età e gli anni di allenamento sono predittori delle dimensioni del VD negli atleti;
- Nonostante un marcato rimodellamento dimensionale del VD nel cuore d'atleta, la funzione sistolica e diastolica sono normalmente conservate.

La cardiomiopatia aritmogena è un'importante causa di SCD tra i giovani atleti, storicamente è stata sempre associata al VD, ma è stato dimostrato che essa può coinvolgere anche il VS o entrambi i ventricoli. Questa cardiomiopatia porta

all'arresto cardiaco poiché per la sua patogenesi conferisce un substrato aritmico che può manifestarsi con: BEV, TV fino alla FV.

Le tipiche alterazioni elettrocardiografiche della cardiomiopatia aritmogena sono: TWI nelle derivazioni precordiali V1-V4 senza soprasslivellamento del punto J e del segmento ST e anomalie della depolarizzazione (ritardo di conduzione intraventricolare, onde epsilon). Per la diagnosi di cardiomiopatia aritmogena è necessaria la presenza di più alterazioni, riscontrabili attraverso varie metodologie (biopsia endomiocardica, ecocardiografia, RMC, angiografia del VD, ECG a 12 derivazioni, Holter, stress test, clinica, test genetici) come indicato nei Criteri per la diagnosi di cardiomiopatia Aritmogena (24).

Oltre ad avere un fenotipo che presenta un parziale overlap con il cuore d'atleta (aumento delle dimensioni del VD) ed essere causa di SCD negli atleti, un altro aspetto della relazione tra sport e cardiomiopatia aritmogena è la dimostrazione che l'esercizio fisico favorisce l'espressione e la progressione della patologia e peggiora il substrato aritmico a causa dello stress meccanico di parete e della stimolazione adrenergica. Nella *Figura 4* sono riportati gli aspetti da considerare per differenziare la cardiomiopatia aritmogena e il cuore d'atleta.

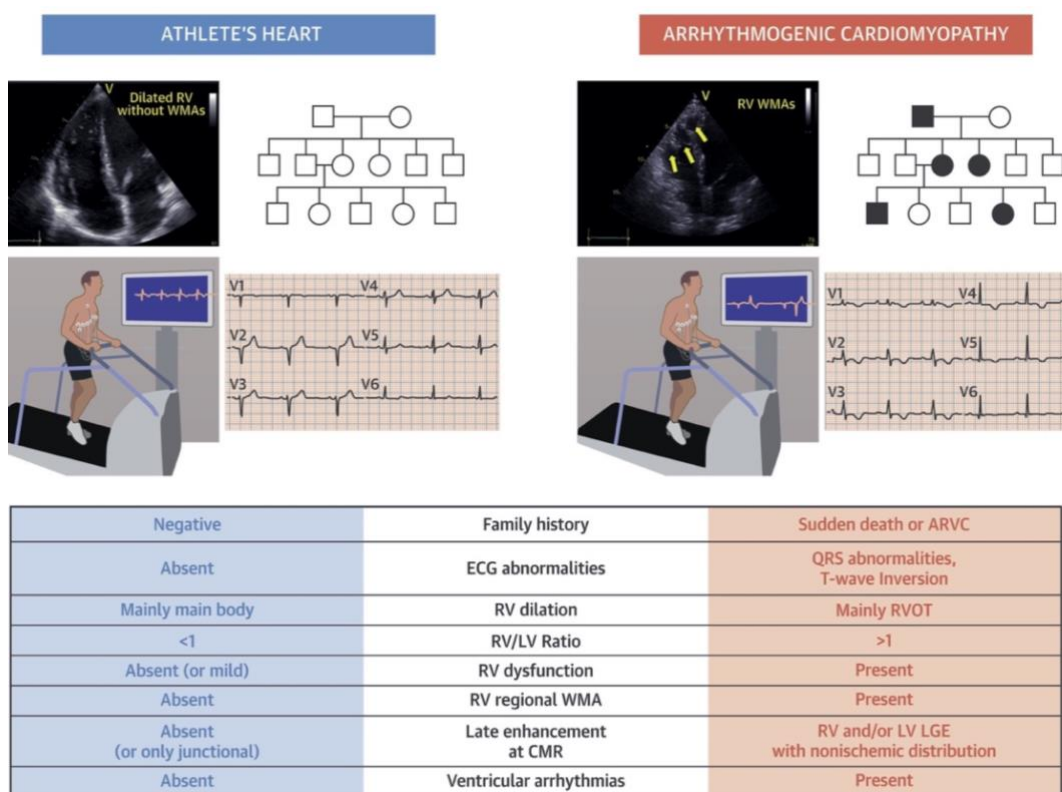


Figura 4 da (23)

Elementi per distinguere il cuore d'atleta dalla cardiomiopatia aritmogena.

Per concludere questa breve carrellata di patologie che interessano l'apparato cardiovascolare e che possono in parte mimare il rimodellamento del cuore d'atleta, è opportuno menzionare le alterazioni a carico dell'aorta. Le dimensioni della radice aortica devono essere valutate ecocardiograficamente soprattutto negli atleti con altezza importante e che abbiano altre caratteristiche fisiche che indichino il sospetto di sindrome di Marfan. In uno studio di Engel et al.(25) che ha preso in esame 526 giocatori di basket in NBA, è emerso che presentavano una radice aortica con misure comprese tra i 25 e i 42 mm. Solo il 4,6% superava il cut off di normalità posto a 40mm. Le dimensioni della radice aortica negli sportivi sono influenzate dal sesso, dall'altezza e dal BSA. Anche se è stato dimostrato che negli sportivi il diametro medio della radice aortica sia maggiore rispetto ai controlli sedentari, il superamento del cut-off di normalità è comunque un evento raro e impone una sorveglianza ecocardiografica.(26)

1.5. CRITERI PER L'INTERPRETAZIONE DELL'ECG A RIPOSO NELL'ATLETA

1.5.1. L'evoluzione, dal 2005 ad oggi

I rimodellamenti strutturali e neuroanatomici del cuore d'atleta si riflettono nelle caratteristiche e nei reperti dell'ECG a 12 derivazioni. Tali alterazioni rispetto alla norma sono in parte in overlap con le anomalie elettrocardiografiche spie di condizioni patologiche, tra cui gli esempi soprariportati. Pertanto, è necessario interpretare con attenzione l'ECG dell'atleta, da un lato bisogna essere consapevoli del fatto che alcune alterazioni sono frequenti e benigne in questa particolare popolazione, e di conseguenza se ritrovate non devono indurre la prescrizione di accertamenti inutili e costosi o la negazione dell'idoneità medico sportiva. D'altra parte, non riconoscendo opportunamente i segnali di allarme di alcune cardiomiopatie o altre condizioni patologiche latenti si va ad inficiare l'utilità dello screening, facendo correre a tali atleti un rischio aumentato di SCD durante l'attività sportiva.

Le raccomandazioni per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta sono evolute nel tempo, a partire dal consensus dell'ESC del 2005, seguito dalle raccomandazioni dell'ESC del 2010, dai Criteri di Seattle (2013), dai "Refined" criteria (2014) fino ad arrivare ai Criteri Internazionali per l'interpretazione dell'elettrocardiogramma negli atleti, un consensus statement pubblicato nel 2017. *Figura 5 (9)*

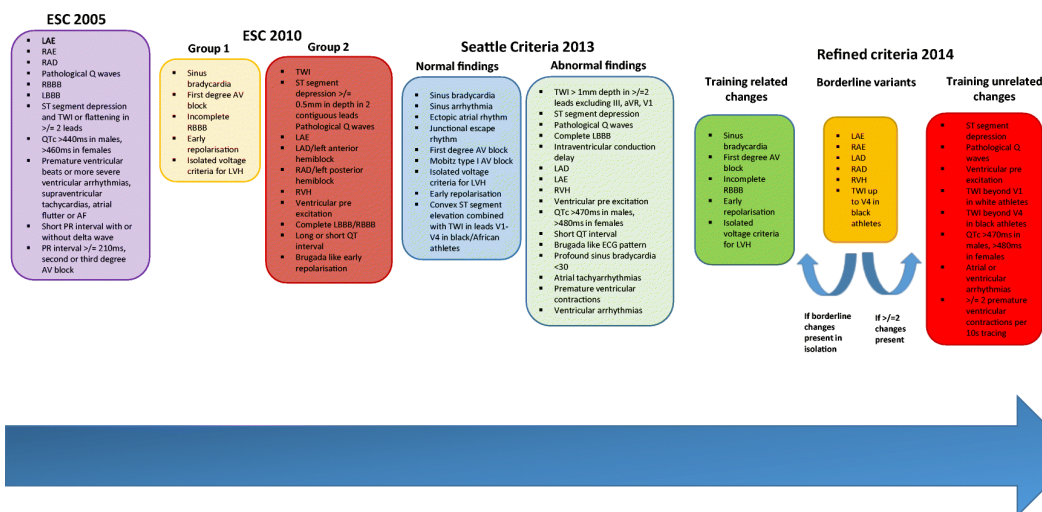
Queste evoluzioni hanno portato ad una significativa riduzione nel tasso di falsi positivi allo screening e dei costi associati.

Le linee guida dettate dal consensus dell'ESC del 2005 evidenziavano alterazioni definite Anormali nel 50% degli atleti, con un tasso di falsi positivi non accettabile. Le raccomandazioni dell'ESC del 2010 hanno suddiviso le alterazioni ECG in 2 gruppi, il Gruppo 1 ha gettato le fondamenta di quelli che sono attualmente considerati reperti ECG Normali nell'atleta, dovuti all'allenamento. Con l'applicazione di questi criteri la specificità è migliorata, ma non venivano tenute in considerazione le differenze etniche, particolarmente spiccate per quanto riguarda gli atleti Afro-Caraibici.

I criteri di Seattle del 2013 sono stati proposti per superare questo problema, contenendo delle specifiche interpretazioni in base all'etnia, sono state inoltre riviste alcune indicazioni sulla base degli aggiornamenti della letteratura.

Con i "Refined" Criteria del 2014 è stata proposta per la prima volta la suddivisione delle varianti Anormali e non legate all'allenamento in due sottogruppi: alterazioni Borderline e non correlate all'allenamento. Le alterazioni Borderline comprendevano quelle anomalie elettrocardiografiche che non potevano essere spiegate dal semplice fatto che il soggetto in esame fosse un atleta, ma al contempo, se trovate isolatamente, non erano tali da indicare una condizione patologica che implicasse l'esecuzione di accertamenti. Nel caso in cui siano presenti due o più alterazioni Borderline è invece necessario approfondire il caso.

I "Refined" Criteria hanno mantenuto intatta la sensibilità (riportata essere del 98,1% nell'identificare ad esempio la CMI, la medesima dei criteri del 2005), portando però ad un importante aumento della specificità (del 94,1% nei Caucasicci e dell'82,4% negli atleti Africo-Caraibici).



LAE= Left atrial enlargement RAE= Right atrial enlargement LVH= Left ventricular hypertrophy RVH= Right ventricular hypertrophy LAD= Left axis deviation RAD= Right axis deviation RBBB= Right bundle branch block LBBB= Left bundle branch block TWI= T wave inversion QTc= Corrected QT interval AF= Atrial fibrillation AV= Atrioventricular

Figura 5 da (9)

Evoluzione dell'interpretazione dell'ECG dell'atleta.

1.5.2. International Criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement (1)

La stesura dei Criteri Internazionali per l'interpretazione dell'ECG negli atleti, pubblicati poi nel 2017, è derivata da un consensus internazionale di esperti in materia avvenuto nel 2015. Gli obiettivi di questo summit erano: rinnovare gli standard dell'interpretazione dell'ECG basandosi sugli aggiornamenti della ricerca scientifica; sviluppare una guida chiara per un'appropriata interpretazione delle anomalie elettrocardiografiche suggestive di condizioni associate a SCD negli atleti. Le indicazioni presentate in questo documento sono state validate per l'interpretazione dell'ECG di un atleta asintomatico con età compresa tra i 12 e i 35 anni.

Riprendendo lo schema dei "Refined" Criteria del 2015 le alterazioni elettrocardiografiche vengono suddivise in tre gruppi. *Figura 6*

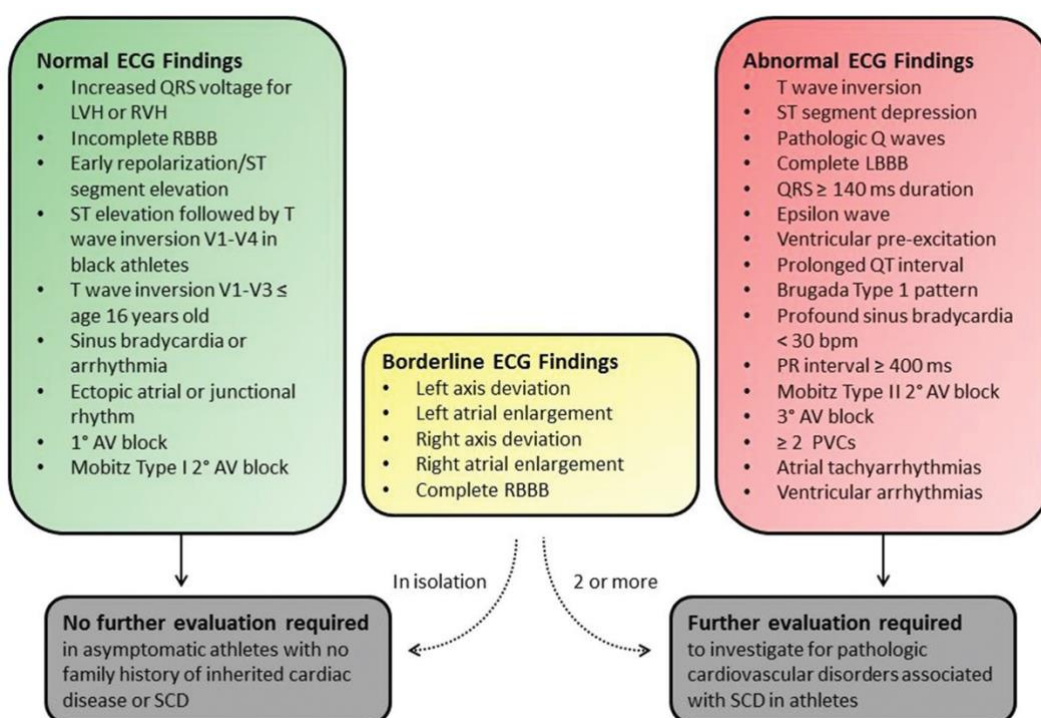


Figura 6 da (1)

Classificazione delle alterazioni elettrocardiografiche dell'atleta in Normali, Borderline e Anormali e indicazioni sulla necessità di accertamenti.

I. Normal ECG findings in athletes

In questa categoria rientrano le alterazioni elettrocardiografiche causate dal rimodellamento cardiaco dovuto all'allenamento, esse sono considerate fisiologiche nell'atleta e se trovate non richiedono lo svolgimento di accertamenti.

a) Criteri di Voltaggio del QRS per l'ipertrofia ventricolare

Il sesso maschile, l'attività sportiva e l'età giovanile sono associati a un aumento dei voltaggi del QRS. I criteri elettrocardiografici per IVS e IVD hanno una scarsa correlazione con l'effettiva presenza di ipertrofia ventricolare all'imaging. Per la definizione di entrambi, i criteri più utilizzati sono quelli di Sokolow-Lyon. La presenza di criteri di voltaggio del VS isolati è frequente negli atleti, mentre è presente solo nel 2% dei pazienti con CMI (sono coloro che presentano un fenotipo più lieve). Se invece vengono ritrovati insieme a: TWI in sede inferiore o laterale, sottoslivellamento del tratto ST o onda Q patologica è necessario proseguire con le indagini. Allo stesso modo, trovare positività ai criteri per IVD isolatamente è una condizione frequente negli atleti, mentre i pazienti con cardiomiopatia aritmogena del VD che soddisfano tali criteri hanno sempre anche altre alterazioni all'ECG.

b) BBDX incompleto, nell'atleta sembra essere dovuto a uno stiramento delle fibre di conduzione a causa di un ingrandimento del VD.

c) RP, con qualsiasi pattern, se presente in modo isolato e senza marker clinici di patologia dovrebbe essere considerata una variante benigna nell'atleta.

d) Negli atleti di etnia Afro-Caraibica è maggiore la prevalenza di alterazioni elettrocardiografiche Normali. Vi sono differenze nel rimodellamento cardiaco che impattano in modo particolare sulla ripolarizzazione, pertanto in questo gruppo di atleti è da considerarsi normale la presenza di soprasslivellamento del punto J e del segmento ST (convesso) nelle derivazioni anteriori, seguiti da una TWI.

e) Nei giovani con meno di 16 anni è considerata normale la presenza di TWI nelle derivazioni anteriori fino a V3. Questa alterazione è età correlata e rientra nel pattern ECG giovanile.

- f) Bradicardia sinusale (FC<60 bpm), a riposo è frequente negli atleti di Endurance, è legata all'aumento del tono vagale e ai rimodellamenti atriali. Deve scomparire con l'inizio dello sforzo fisico.
- g) Aritmia sinusale, da porre in diagnosi differenziale con disfunzioni nodali o sick sinus syndrome.
- h) Ritmo di scappamento giunzionale, Ritmo atriale ectopico e wandering pacemaker, causati dal fatto che il nodo seno-atriale risente maggiormente dello stimolo vagale. Si risolvono con l'inizio dell'esercizio.
- i) BAV di 1° grado, BAV di 2° grado tipo Mobitz 1, anch'essi possono essere dovuti a un aumento del tono vagale o ad alterazioni intrinseche del nodo atrio-ventricolare e si risolvono con l'esercizio.

II. Borderline ECG findings in athletes

Si tratta di alterazioni elettrocardiografiche che potrebbero rappresentare varianti normali legate al rimodellamento cardiaco esercizio-indotto e che solitamente non sono associate a patologie cardiache.

Comprendono il BBDX completo, i criteri per ingrandimento atriale destro e sinistro, e la deviazione assiale destra e sinistra. È stato dimostrato che gli atleti, rispetto ai controlli hanno una prevalenza maggiore di ingrandimento atriale sinistro e deviazione assiale sinistra. La presenza di BBDX completo negli atleti si associa ad un aumento delle dimensioni cavitari del VD ma senza evidenza di condizioni patologiche sottostanti.

Ritrovare una delle Alterazioni Borderline isolata o in associazione con una o più alterazioni Normali non indica la necessità di svolgere accertamenti se l'atleta è asintomatico e con anamnesi muta. Se invece sono presenti in contemporanea due o più alterazioni Borderline è necessario continuare l'iter di approfondimento.

III. Abnormal ECG findings in athletes

Nessuna delle alterazioni Anormali descritte in seguito può essere spiegata come risultato del processo di rimodellamento fisiologico del cuore d'atleta. Se trovate, è necessario svolgere gli appropriati approfondimenti diagnostici.

- a) TWI anomala, può essere un segnale d'allarme per: CMI, cardiomiopatia aritmogena, CMD, VS non compatto e miocarditi. Se tale alterazione elettrocardiografica è presente nelle derivazioni laterali o inferolaterali, bisogna effettuare la RMC tra gli accertamenti diagnostici, anche nel caso in cui l'ecocardiografia sia normale. Se la TWI è presente nelle derivazioni anteriori in atleti in cui è presente anche un sopraslivellamento del punto J, del segmento ST o onde T bifasiche si tratta con maggior probabilità di cuore d'atleta, mentre nel caso in cui il sopraslivellamento del punto J sia assente o si riscontri anche la presenza di un sottoslivellamento del segmento ST, è più probabile il rischio di cardiomiopatia aritmogena. La presenza di TWI in sede inferiore non sembra avere un forte potere predittivo di rischio di cardiomiopatia, è comunque necessario svolgere almeno un ecocardiogramma di controllo.
- b) Depressione del segmento ST, frequentemente presente nei pazienti con CMI.
- c) Onde Q patologiche, possibile reperto di CMI, infarto miocardico e di tutte le condizioni in cui vi è danno del miocardio o del sistema di conduzione. In questo consensus viene sottolineata l'importanza di utilizzare il Q/R ratio piuttosto che la singola misura di altezza e larghezza dell'onda Q.
- d) BBSX completo, può essere legato a cardiomiopatie o cardiopatia ischemica.
- e) Profondo ritardo di conduzione intraventricolare non specifico.
- f) Onde Epsilon, sono difficili da individuare, rappresentano un marker altamente specifico di cardiomiopatia aritmogena del VD. Si presentano nei casi di malattia più avanzati, perciò è raro trovarli come unico reperto elettrocardiografico.
- g) Pre-eccitazione ventricolare, visibile all'ECG con il pattern Wolf-Parkinson-White, può predisporre a SCD nel caso in cui compaia FA, la

trasmissione degli impulsi attraverso il fascicolo accessorio potrebbe portare a FV. Se si riscontra tale pattern in atleti asintomatici è necessario dapprima investigare se la via accessoria è ad alto o a basso rischio. La stratificazione del rischio non invasiva inizia con lo svolgimento del test da sforzo: se vi è una scomparsa improvvisa e completa della pre-eccitazione quando la FC è più alta, si propende per la presenza di una via accessoria a basso rischio. La presenza di una pre-eccitazione intermittente con ritmo sinusale in un ECG a riposo è parimenti indicativa di una condizione a basso rischio. Se non è possibile confermare la presenza di una pathway a basso rischio attraverso test non invasivi è necessario considerare di effettuare uno studio elettrofisiologico.

- h) Prolungamento dell'intervallo QT, da indagare con attenzione perché può indicare la presenza di sindrome del QT lungo, una delle canalopatie che ha permesso di spiegare molte SCD “sine materia” in soggetti giovani. Nella valutazione dell'intervallo QT è fondamentale andare a controllare manualmente che il risultato riportato dal sistema computerizzato sia corretto. È necessario inoltre utilizzare sempre il QT corretto, attualmente la maggior parte delle evidenze scientifiche ha proposto i dati di ricerca usando la formula di Bazett per correggere il QT, quindi è quella che si raccomanda di usare per avere adeguati metodi di paragone. Tale formula ($QTc = QT/\sqrt{RR}$) tiene conto dell'intervallo RR misurato in secondi, è necessario conoscerne anche i limiti, in quanto diviene meno affidabile per FC inferiori ai 50 bpm (tende a sottostimare il QT) e superiori ai 90 bpm (tende a sovrastimare il QT). Una singola rilevazione di QTc sopra il cut-off (QTc > 470 ms nei maschi e >480 ms nelle femmine) in un atleta asintomatico non deve portare automaticamente alla diagnosi di sindrome del QT lungo, ma deve essere l'incipit di un percorso diagnostico di approfondimento.
- i) Intervallo QT corto, condizione più rara su cui non sono ancora stati prodotti studi dirimenti, in questi casi è necessario procedere con approfondimenti diagnostici solo nel caso in cui ci siano altri marker clinici di rilievo.
- j) Pattern Brugada tipo 1.
- k) Bradicardia sinusale profonda, BAV 1° grado profondo, BAV di alto grado.
- l) BEV multipli.

m) Tachiaritmie atriali e ventricolari.

In una percentuale rilevante di casi in cui erano presenti alterazioni Anormali all'ECG ma senza riscontro di alterazioni strutturali durante gli approfondimenti, le cardiomiopatie sono diventate manifeste negli anni successivi.(27) Per questo, è necessario inserire il paziente in un programma di valutazioni seriali se durante il PPS emergono alterazioni elettrocardiografiche rilevanti, anche se gli accertamenti risultano in primo luogo negativi.

1.5.3. Limiti dell'ECG nel Pre-Participation Screening

L'elettrocardiogramma ha un'elevata sensibilità nell'individuare cardiomiopatie, canalopatie, miocarditi e la pre-eccitazione ventricolare, non riesce però a individuare con efficacia altre patologie cardiovascolari che possono causare SCD nei giovani atleti, come ad esempio: le anomalie coronariche, la coronaropatia aterosclerotica precoce e le aortopatie.

Di conseguenza, è necessario tenere a mente che anche se l'ECG viene interpretato correttamente, non sarà possibile individuare tutte le condizioni che predispongono alla SCD. Per questo motivo è fondamentale integrare l'esecuzione dell'ECG con i dati dell'anamnesi e dell'esame obiettivo.

La presenza di criteri internazionali standardizzati aiuta inoltre a ridurre la variabilità operatore-dipendente dell'interpretazione del tracciato elettrocardiografico, che però non si potrà mai annullare completamente.

Infine, una condizione imprescindibile per la corretta interpretazione dell'ECG è il corretto posizionamento degli elettrodi.

1.6. L'INTERPRETAZIONE DELL'ECG IN ETA' PEDIATRICA

I principi di base per l'interpretazione dell'elettrocardiogramma in età pediatrica sono identici a quelli che si utilizzano nell'adulto, ma i progressivi cambiamenti anatomici ed emodinamici che avvengono tra la nascita e l'adolescenza determinano significative differenze nella frequenza cardiaca, nella morfologia, nel voltaggio e nella durata delle onde, e negli intervalli P-R e QT, in base all'età del bambino.

La corretta interpretazione dell'ECG quindi può risultare insidiosa e, per evitare errori, è necessario conoscere i cambiamenti età-dipendenti che avvengono soprattutto nel primo anno di vita; infatti, la progressiva caduta delle resistenze polmonari determina la riduzione degli spessori parietali del VD, mentre contemporaneamente si ha un aumento di spessore del VS per il progressivo incremento del suo carico di lavoro. Durante la crescita si passa dunque dalla dominanza dei potenziali ventricolari destri in età neonatale fino ad arrivare, durante l'adolescenza alla dominanza dei potenziali ventricolari sinistri.

Ad oggi, i parametri di normalità per l'età pediatrica fanno riferimento alle tabelle di Davignon, del 1980 (28) e Rijnbeek del 2001(29)

Sono caratteristiche tipiche e fisiologiche dell'ECG del bambino (57):

- Aritmia sinusale anche spiccata (aumento della FC durante l'inspirio e diminuzione in espirazione);
- Ritmo atriale basso;
- PR breve, può avere durata inferiore rispetto all'adulto poiché la massa muscolare è minore e la FC maggiore;
- Complessi ventricolari stretti, anche se non è infrequente la presenza di BBDX incompleto;
- BAV di 1° e 2° grado tipo Mobitz 1, soprattutto di notte e nei soggetti allenati;
- Extrasistoli sopraventricolari e ventricolari isolate;
- Deviazione assiale destra;
- Onde Q prominenti nelle derivazioni inferiori e laterali;
- Ripolarizzazione Precoce;

- Onde T negative da V1-V4 fino ai 12 anni.

Una dei parametri maggiormente influenzati dall'età è la FC, essa raggiungerà valori simili a quelli dell'adulto solamente durante l'adolescenza, poiché il tono vagale aumenta progressivamente durante la crescita.

1.7. L'INTERPRETAZIONE DELL'ECG NELL'ATLETA DI ETÀ PEDIATRICA

Come precedentemente descritto, l'esercizio fisico intenso e regolare induce un rimodellamento a carico dell'apparato cardiovascolare -il cosiddetto cuore d'atleta- che viene influenzato anche dall'etnia, dal sesso e dal tipo di sport praticato. Questi cambiamenti sono stati studiati in modo dettagliato nella popolazione adulta, mentre sono ancora scarse le conoscenze a proposito del cuore d'atleta pediatrico (6-18 anni). È importante considerare anche la popolazione di atleti in età pediatrica, in quanto la tendenza degli ultimi anni è quella di avviare allo sport agonistico e addirittura professionale atleti sempre più giovani, che vengono dunque sottoposti a programmi di allenamento intenso già durante l'età della maturazione e della crescita. A dimostrazione di questo fenomeno il comitato Olimpico Internazionale in un consensus statement del 2015 ha sottolineato come serva maggior attenzione per salvaguardare il fisiologico sviluppo degli atleti bambini. (30)

La prima descrizione dei reperti elettrocardiografici del Cuore d'Atleta pediatrico è di Sharma et al., nel 1999 (31), confermata dalla più recente metanalisi di McClean et al. (32), che ha messo a confronto gli ECG di atleti e controlli sedentari di età pediatrica. È stato dimostrato che gli atleti di età pediatrica avevano, rispetto ai controlli un aumento dell'intervallo PR, presentavano con frequenza maggiore bradicardia sinusale, BAV di 1° grado, BBDX incompleto, criteri di voltaggio per IVS e RP. Nella medesima metanalisi è descritto che anche dal punto di vista ecocardiografico vi sono differenze tra atleti e non atleti, con un aumento delle dimensioni cavitari e di parete del VS e dell'atrio sinistro. Il rimodellamento cardiaco esercizio-indotto sembra dunque svilupparsi precocemente e interessare in modo documentabile anche gli atleti pediatrici.

Come per gli atleti adulti, anche negli atleti di età pediatrica tutte le modificazioni indotte dall'esercizio fisico si manifestano più frequentemente nei soggetti di etnia Afro-Caraibica rispetto a quelli di etnia caucasica.

La prevalenza di T negative ≥ 1 mm è simile tra bambini atleti e non-atleti, ma negli atleti è più frequente la presenza di onde T negative profonde, ovvero ≥ 2 mm in almeno due derivazioni contigue (eccetto DIII e aVR). La presenza di onde T negative in V1-V4 è dovuta al fatto che alla nascita è predominante il VD rispetto al VS, progressivamente poi si assottiglia inducendo un'inversione graduale della polarità della T che porta dopo la pubertà al pattern ECG adulto con T negativa in V1; talvolta può permanere negatività della T in V1-V2 o V1-V3: si parla di permanenza del *pattern giovanile*, considerato fisiologico. La prevalenza di onde T negative nelle derivazioni precordiali destre si riduce significativamente soprattutto a partire dai 14 anni, suggerendo che la negativizzazione delle onde T è da considerare un aspetto correlato allo sviluppo puberale piuttosto che all'adattamento cardiaco indotto dall'esercizio fisico.(33)

Le raccomandazioni più recenti per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta sono i Criteri Internazionali del 2017 (1), la cui applicazione è indicata per una popolazione con età compresa tra i 12 e i 35 anni. Attualmente, non sono disponibili criteri specifici per l'interpretazione dell'ECG eseguito durante il PPS per la popolazione pediatrica.

Halasz et al (34) hanno studiato l'applicazione delle ultime tre proposte di interpretazione dell'ECG durante la visita medico sportiva ad una popolazione di atleti pediatrici. Nel loro lavoro è emerso che i Criteri Internazionali del 2017 portassero a un significativo aumento della specificità (98%) rispetto alle raccomandazioni ESC del 2010 (64%) e ai Criteri di Seattle del 2013 (95%) a discapito di una riduzione della sensibilità, che con l'applicazione dei Criteri Internazionali si attestava al 57% mentre era dell'86% con le due raccomandazioni più datate. Nella loro casistica, tutte e tre le metodiche di screening non erano riuscite ad identificare un bambino con dotto arterioso pervio, in aggiunta, con l'applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 erano state mancate due diagnosi di anomalia di Ebstein con BBDX completo. L'aumento della specificità applicando i criteri più recenti era legato soprattutto alla ri-classificazione delle deviazioni assiali destra e sinistra e ingrandimento atriale destro e sinistro come alterazioni che non richiedono ulteriori accertamenti se isolate o associate ad alterazioni allenamento-correlate. La diminuzione della sensibilità è invece legata

al fatto che, venendo meno la necessità di accertamenti in presenza di BBDX completo isolato sono state perse due diagnosi di anomalie di Ebstein. In questo studio viene affermato che, alla luce dei dati ottenuti, nella popolazione pediatrica i Criteri di Seattle offrono il miglior compromesso tra sensibilità e specificità, rimarcando però come sia necessario condurre ulteriori ricerche sull'argomento che possano portare a stabilire dei criteri specifici per l'età pediatrica.

Nel 2019 McClean et al. hanno pubblicato un articolo che andava a comparare l'applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 rispetto a quelli di Seattle e quelli dell'ESC del 2010 in una popolazione di atleti adolescenti maschi (11-18 anni) di etnia araba e Afro-Caraibica. Da questo studio è emerso che i Criteri del 2017 hanno superato i precedenti in termini di riduzione dei falsi positivi, mantenendo una sufficiente accuratezza diagnostica nell'individuare condizioni che possono predisporre a SCD.(35)

L'applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 ad una popolazione pediatrica mantiene la medesima specificità nell'individuare condizioni predisponenti SCD che ha per la popolazione adulta, mentre la sensibilità è significativamente inferiore.

1.8.NECESSITÀ DI CRITERI SPECIFICI PER L'INTERPRETAZIONE DELL'ECG DELL'ATLETA PEDIATRICO

Alla luce delle contestualizzazioni fatte, è evidente come la materia trattata sia in costante e continua evoluzione. Attualmente, è stata posta in evidenza la necessità di formulare dei criteri specifici per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta di età pediatrica.

Ragazzoni et al.(36), proprio all'inizio del 2023, hanno proposto un nuovo algoritmo per l'interpretazione dell'ECG dei bambini che praticano attività sportiva, e per il momento questa proposta è stata valutata positivamente anche da altri autori. (37)

Mettendo a confronto questo nuovo algoritmo con i Criteri Internazionali del 2017, si nota innanzitutto che le alterazioni elettrocardiografiche Normali rimangono invariate.

Tra le alterazioni Borderline, vengono eliminati i criteri elettrocardiografici per ingrandimento atriale destro e sinistro, poiché mancano evidenze in ambito pediatrico riguardo l'impiego di questi criteri, inoltre non sembra emergere una correlazione con i reperti ecocardiografici. (38)

Il BBDX incompleto viene spostato dalle alterazioni Normali a quelle Borderline, poiché nonostante sia un reperto comune tra i bambini e non desti preoccupazione se trovato isolatamente, nel caso in cui si presenti in concomitanza a una deviazione assiale destra devono essere svolti accertamenti per escludere un sovraccarico del VD, come si evince dallo studio di Dasgupta et al. svolto presso il Children's Healthcare di Atlanta.(39)

Il BBDX completo viene spostato dalle alterazioni Borderline a quelle Anormali, poiché è stato documentato che la sua presenza è correlata a sovraccarico di volume nelle sezioni destre, in particolare con l'Anomalia di Ebstein e difetti del setto interatriale.(34)(39) Di conseguenza, nell'articolo di Ragazzoni et al. viene consigliato di svolgere un ecocardiogramma se viene trovato un BBDX completo all'ECG.

Vengono poi adattate alcune definizioni di anomalie dell'adulto ad una popolazione pediatrica.

La definizione di BBDX completo dovrebbe essere data dal tipico pattern e da una durata del QRS >100 ms nei bambini, non 120 come negli adulti. (40)

Altri cut-off sono stati adattati all'età pediatrica, ad esempio, tenendo conto del fatto che la FC è mediamente più alta nel bambino, è stata spostata da 30 a 40 bpm la soglia per definire la bradicardia sinusale profonda. Anche l'intervallo PR è mediamente più corto nell'infanzia, dunque il cut-off per definire un suo eccessivo prolungamento è stato spostato da 400 a 300 ms, la durata del QRS oltre la quale è necessario svolgere accertamenti è stata portata a 130 ms rispetto ai 140 dei Criteri Internazionali.

Viene poi raccomandato di utilizzare sia la correzione del QT con la formula di Bazett che con quella di Freidericia nei casi Borderline, tenendo però presente che non sono interscambiabili.

Vengono aggiunti i bassi voltaggi alle alterazioni Anormali, in considerazione del fatto che essi sono un reperto raro nei giovani atleti.

Gli autori dell'articolo propongono un focus sui BEV, proponendo di suddividerli in due categorie in base alla morfologia: comuni e non comuni. Quelli con morfologia comune sono frequenti, comprendono il pattern infundibolare (tipo BBSX e asse inferiore) e il pattern fascicolare (tipo BBDX e QRS <130 ms), tendono a svanire con la crescita e sono associate a una buona prognosi. Se invece i BEV hanno caratteristiche non comuni, è indicato eseguire dei test di approfondimento.

2. SCOPO DELLO STUDIO

Lo studio si propone di valutare le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali, Borderline e Anormali, come da definizione dei Criteri Internazionali del 2017(1) all'interno di una popolazione di atleti di età infantile e adolescenziale che prendono parte al PPS.

Lo studio si propone poi di mettere a confronto tali prevalenze tra diverse sottopopolazioni, suddivise in base all'età (≤ 12 anni o > 12 anni), al sesso, alla quantità di allenamento e alla tipologia di Sport, effettuando eventuali normalizzazioni quando opportuno.

Sulla base dei dati ottenuti, si andrà a svolgere una ricerca per capire se i risultati del nostro studio sono confermati dalla letteratura disponibile sull'argomento, e si andranno a generare ipotesi sulle possibili spiegazioni di eventuali differenze statisticamente significative.

Si andrà infine a valutare se l'applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 a una popolazione di età inferiore a quella per cui sono stati validati è opportuno o se è necessario apporre delle modifiche per adattarli all'età pediatrica.

3. MATERIALI E METODI

Si tratta di uno studio multicentrico eseguito presso i centri di Medicina dello Sport di Padova (AULSS 6) e Noale (AULSS 3). Sono stati arruolati retrospettivamente atleti di entrambi i sessi, con età compresa tra i 7 e i 18 anni, sottoposti a visita medico-sportiva pre-agonistica tra gennaio 2019 e dicembre 2022. Sono stati esclusi i pazienti con cardiopatie congenite operate o trattate con metodi di cardiologia interventistica. Gli atleti sono stati arruolati indipendentemente dalla disciplina sportiva svolta.

Il protocollo di screening per gli atleti agonisti non-professionisti è quello definito dalla legge Italiana (D.M. del Ministero della Sanità del 18 febbraio 1982) e dai regolamenti regionali, e prevede anamnesi personale e familiare, esame obiettivo con misura della pressione arteriosa a riposo, spirometria, stick delle urine, test di acuità visiva, ECG a 12 derivazioni a riposo e test da sforzo limitato.

Nell'anamnesi personale sono state raccolte informazioni circa l'etnia, i dati biometrici, il tipo e grado di allenamento, precedenti diagnosi di patologie rilevanti, la presenza di sintomi riconducibili a patologie cardiovascolari (sia a riposo che durante l'esercizio). Nello specifico è stato indagato se l'atleta avesse mai presentato: pre-sincopi, sincopi, palpitazioni, senso di costrizione toracica.

L'anamnesi familiare è stata incentrata sulla ricerca di malattie cardiovascolari nei familiari di primo e secondo grado e nello specifico cardiomiopatie e morti improvvise giovanili.

Gli sport praticati sono stati suddivisi in tre categorie sulla base dell'impegno cardiovascolare:

- Destrezza (gruppo A della classificazione del COCIS 2017);
- Endurance (gruppo B, D, E della classificazione del COCIS 2017);
- Misti (gruppo C della classificazione del COCIS 2017).

La quantità di allenamento è stata suddivisa sulla base degli anni e della frequenza (ore/settimana) di allenamento:

- Molto allenati: anni di allenamento >2 e frequenza settimanale allenamento >2 h/settimana;
- Poco allenati: 1-2 anni di allenamento, o anni di allenamento > 2 e frequenza settimanale ≤ 2 h/settimana;
- Non allenati: anni di allenamento <1.

L'ECG è stato interpretato secondo le raccomandazioni internazionali per l'interpretazione dell'ECG nell'atleta, con l'eccezione che è stata considerata Anormale anche la presenza di 1 singolo BEV riscontrato nell'ECG a riposo (1).

Sono state misurate la durata dell'onda P, dell'intervallo PR, del complesso QRS e del tratto QT in ms.

La durata del QT è stata corretta con la formula di Bazette, i cut-off considerati per definire un QT allungato sono stati: $QTc \geq 470$ ms nei maschi e $QTc \geq 480$ ms nelle femmine.

Per ogni atleta è stata inoltre riportato l'asse del QRS (in gradi) e la frequenza cardiaca (bpm). È stata considerata una alterazione Normale la presenza di bradicardia sinusale con $FC < 60$ bpm ma non inferiore a 30 bpm, mentre è stata considerata Anormale una bradicardia sinusale con $FC < 30$ bpm.

Inoltre, si è misurato manualmente l'altezza in mV:

- dell'onda R in aVR, aVL, AVF;
- di tutto il complesso QRS (è stato riportato il valore maggiore tra quelli delle tre derivazioni monopolari periferiche e anche quello tra le tre derivazioni bipolari periferiche);
- dell'onda R ed S in V1, V5, V6, tramite questi valori è stato calcolato se venissero soddisfatti o meno i criteri elettrocardiografici di Sokolow-Lyon per IVS ($SV1+RV5$ o $RV6 > 3.5$ mV) e IVD ($RV1+SV5$ o $SV6 > 1.1$ mV).

Nello studio dei voltaggi è stato valutato se venissero soddisfatti i criteri per bassi voltaggi nelle derivazioni precordiali (ampiezza massima del QRS < 1.0 mV) e periferiche (ampiezza massima del QRS < 0.5 mV). (Come definiti da (41)).

È stato inoltre valutata la presenza di BBDX Incompleto (pattern del QRS rSR' in V1 e qRS in V6 con durata del QRS <120 ms).

Per Ripolarizzazione Precoce si è considerata la presenza di un'elevazione del punto j ≥ 0.1 mV, o la presenza di onda J ≥ 0.1 mV o la presenza di slurring terminale del QRS in almeno due delle derivazioni inferiori e/o laterali (riportando inoltre nello specifico se l'alterazione coinvolgesse le prime, le seconde o entrambe).

È stata inoltre considerata la presenza di onde T invertite patologiche, ovvero onde T negative con ampiezza ≥ 1 mm di profondità in almeno due derivazioni contigue ad eccezione di aVR, DIII e V1. La presenza di inversione patologica dell'onda T è stata inoltre suddivisa in base alle derivazioni in cui è stata riscontrata:

- Anteriore, V2-V4;
- Laterale DI e aVL, V5 e/o V6 (se la derivazione coinvolta è V5 o V6 ne basta solo una e non necessariamente 2)
- Infero-laterale, DII e aVF, V5-V6, DI e aVL
- Inferiore, DII e aVF.

Nel caso in cui l'atleta avesse un'età pari o inferiore a 16 anni il riscontro di onde T invertite nelle derivazioni V1-V3 è stato segnalato ma considerato come riscontro ECG Normale (come da indicazione dei Criteri Internazionali).

Sono state infine riportate, per ogni atleta, la presenza di 1 o più alterazione Normale, Borderline e Anormale come codificate dai Criteri Internazionali.

Si specifica che tra le alterazioni Anormali, è stata considerata la presenza di uno o più BEV nell'ECG a riposo, modificando il cut-off di 2 riportato nei criteri Internazionali.

In presenza di alterazioni sospette sono stati eseguiti esami di secondo e terzo livello. Sono stati raccolti: tipi di accertamenti svolti, esiti, diagnosi e motivazione dell'esecuzione dell'esame.

3.1. ANALISI STATISTICA

Le variabili qualitative sono espresse in numero (%), le quantitative con distribuzione normale come media (\pm deviazione standard), quelle con distribuzione non normale come mediana (valore del 25° e 75° percentile).

Per valutare la normalità delle variabili quantitative è stato usato il test di Shapiro-Wilk ed in assenza di una distribuzione normale per effettuare confronti tra tali variabili quantitative si è proceduto con il test U di Mann-Whitney.

Nei confronti tra variabili qualitative è stato svolto il test chi quadro, nel caso in cui le frequenze delle variabili fossero <10 si sono verificati i risultati con il test esatto di Fisher.

Nei confronti tra tre medie è stato utilizzato il test di ANOVA.

Un valore di $p < 0.05$ è stato considerato statisticamente significativo.

Il programma utilizzato per la statistica è Jamovi.

4. RISULTATI

4.1. DESCRIZIONE DELLA POPOLAZIONE

4.1.1. Popolazione Totale

La popolazione analizzata è risultata essere composta da 2146 atleti, di cui 7 sono stati esclusi per una precedente diagnosi di cardiopatia congenita; pertanto, la popolazione finale è risultata essere di 2139 atleti. L'età media è risultata 12,5 anni ($\pm 2,61$), mediana pari a 12 (11-14). *Tabella 2*

POPOLAZIONE TOTALE

VARIABILE	
Età, anni	12 (11-14)
Atleti ≤ 12 anni	1287 (60,16%)
Femmine	1092 (51,05%)
Caucasici	2094 (97,89%)
Altezza, cm	157 (148-167)
Peso, Kg	49,6 (39-60)
BMI, kg/ m ²	19,6 (17,3-21,9)
BSA, m ²	1,48 (1,27-1,66)
Anni di allenamento	2 (1-5)
PA massima, mmHg	110 (105-120)
PA minima, mHg	70 (60-70)
Familiarità per patologie cardiovascolari	589 (27,53%)
Familiarità per cardiomiopatie e/o morte improvvisa	38 (1,77%)

Tabella 2.

Parametri biometrici, dati anamnestici e valori di pressione arteriosa nella popolazione totale. I dati sono presentati come mediana (25° e 75° percentile) o come numero (percentuale). BMI, Body Mass Index; BSA, Body Surface Area; PA, Pressione Arteriosa.

Poiché gli attuali Criteri Internazionali (1) sono validi per atleti con un'età compresa tra i 12 e i 35 anni, la popolazione è stata stratificata utilizzando l'età pari a 12 anni come cut-off. Gli atleti con età compresa tra i 13 e i 18 anni sono risultati essere il 39,8%, quelli con età inferiore il 60,2%.

Le femmine sono risultate il 51,0%. Il 97,9% degli atleti valutati in questo studio appartiene all'etnia caucasica.

Il 27,5% degli atleti presentava familiarità per patologie cardiovascolari, 38 atleti (1,8%) presentavano familiarità per cardiomiopatie e/o morte improvvisa. 20 atleti (0,9%) hanno riportato una o più sincopi pregresse, 28 (1,3%) storia di palpitazioni e 15 (0,7%) senso di costrizione toracica.

La maggior parte degli atleti presi in esame praticava sport di tipo Misto (61%), il 29,1% di Endurance e il 9,9% di Destrezza. I tre sport più praticati in assoluto erano: Calcio (18,6%), Pallavolo (14,7%), Pallacanestro (13,5%).

È risultata esserci una differenza statisticamente significativa tra l'età media nei diversi sottogruppi suddivisi in base alla tipologia di Sport: l'età media maggiore si ha in chi pratica uno sport Misto, diminuisce negli atleti di Endurance e di Destrezza ($p < 0,001$). *Figura 7*

ETA' MEDIA IN BASE ALLA TIPOLOGIA DI SPORT PRATICATA ALL'INTERNO DELLA POPOLAZIONE TOTALE

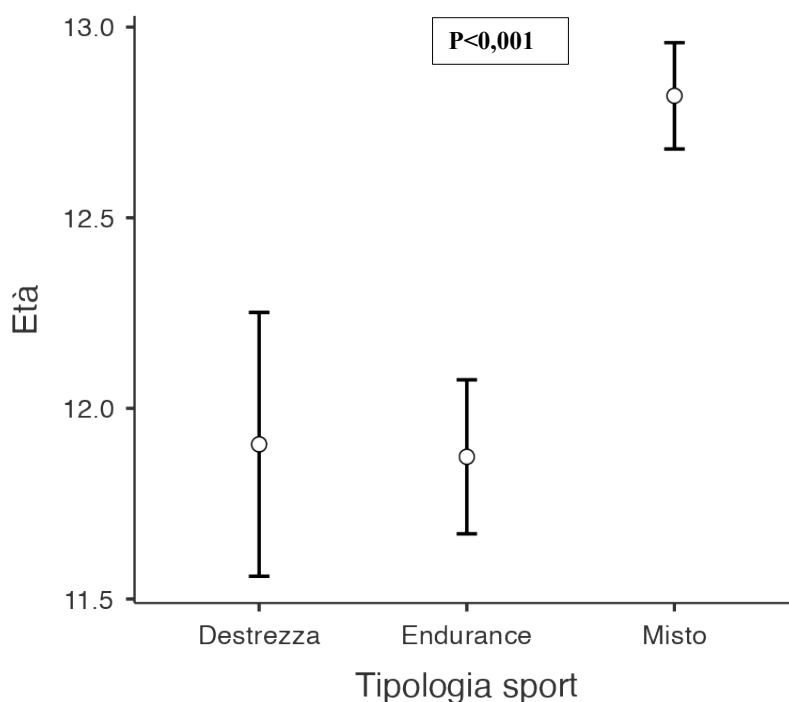


Figura 1. Confronto tra l'età media nei tre sottogruppi suddivisi in base alla tipologia di sport: Destrezza (11,9 anni), Endurance (11,9 anni), Misto (12,8 anni); $p < 0,001$.

Il 15,1% dei casi analizzati sono stati considerati non allenati, poiché praticavano sport da meno di un anno. I casi restanti sono stati suddivisi pressoché equamente in poco e molto allenati (rispettivamente 43,5% e 41,4%).

È risultata una differenza statisticamente significativa tra l'età media nei diversi sottogruppi suddivisi in base alla quantità di allenamento: l'età media maggiore si ha nei molto allenati, diminuisce nei poco allenati ed è ancora minore nei non allenati ($p < 0,001$). *Figura 8*

ETA' MEDIA IN BASE ALLA QUANTITA' DI ALLENAMENTO PRATICATO ALL'INTERNO DELLA POPOLAZIONE TOTALE

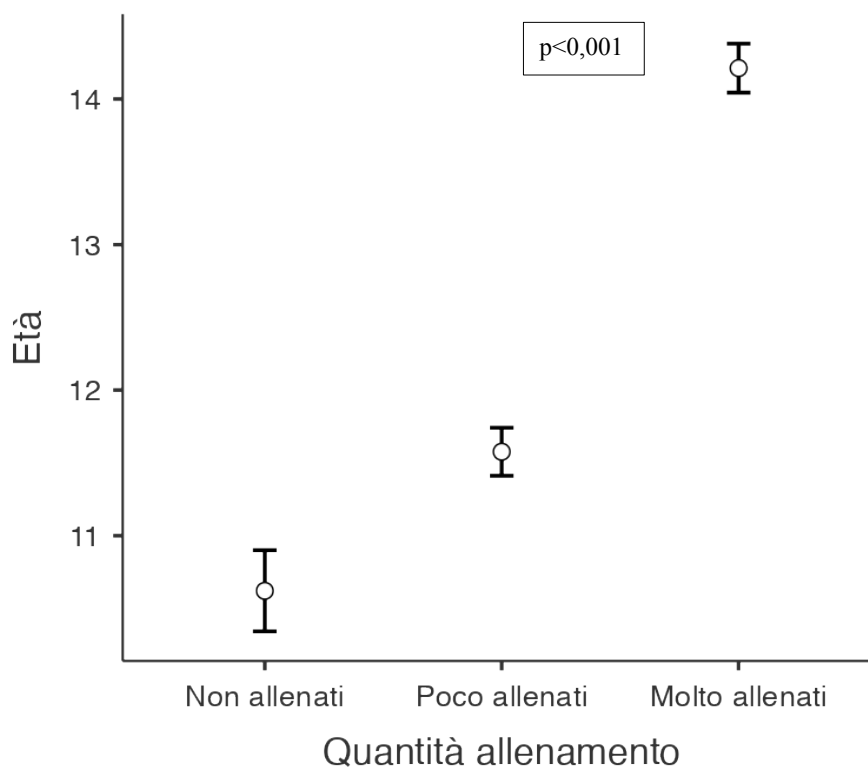


Figura 8. Confronto tra l'età media nei tre sottogruppi suddivisi in base alla quantità di allenamento: Non allenati(10,6 anni), Poco allenati (11,6 anni), Molto allenati(14,2 anni); $p < 0,001$.

Nella *Tabella 3* vengono riportati i parametri ECG valutati nella popolazione totale.

POPOLAZIONE TOTALE

PARAMETRI ECG	
Durata onda P, ms	90 (80-100)
Intervallo PR, ms	134 (120-155)
Durata QRS, ms	90 (84-100)
Intervallo QT, ms	360 (346-380)
QTc Bazette	406 (389-423)
FC, bpm	75 (67-84)
Asse del QRS, gradi	75 (68-83)

Tabella 3. Parametri elettrocardiografici nella popolazione totale, mediana, 25°, 75° percentile.

151 atleti (7,0%) sono stati sottoposti ad accertamenti di secondo livello; complessivamente 129 atleti (6,0%) sono stati sottoposti a valutazione ecocardiografica, 79 (3,7%) a ECG Holter delle 24 ore e 4 (0,2%) a Risonanza Magnetica Cardiaca. Sono state poste 10 nuove diagnosi grazie ai test del PPS e agli accertamenti conseguiti (*Tabella 4*):

- 2 Tachicardie Parossistiche Sopraventricolari
- 2 Prolassi della Valvola Mitrale di grado lieve
- 1 Valvola Aortica Bicuspidica non complicata
- 2 Forami Ovali Pervi
- 1 Cardiomiopatia Aritmogena del Ventricolo Sinistro
- 1 sindrome di Wolff-Parkinson-White
- 1 sindrome di Wolff-Parkinson-White (Pre-eccitazione Ventricolare intermittente non adrenergico dipendente) e Tachicardia Parossistica Sopraventricolare

L'applicazione dello Screening ad una popolazione pediatrica non comporta una differenza nel numero di accertamenti svolti rispetto alla popolazione di età maggiore ($p=0,127$). Nella popolazione con età pari o inferiore a 12 anni sono stati svolti accertamenti di secondo livello in 82 atleti (6,3%), nella popolazione con età superiore in 69 (8,0%).

È possibile calcolare il valore predittivo positivo (VPP) del test di Screening nel suo complesso, considerando gli accertamenti svolti per alterazioni sospette emerse

da anamnesi, esame obiettivo, ECG a riposo e prova da sforzo: VP/(VP+FP). Nella popolazione totale si ha $10/151 = 0,066 = 6,6\%$. Nella popolazione di atleti con età superiore a 12 anni invece: $4/69 = 0,057 = 5,7\%$, in quelli con età pari o inferiore a 12 anni: $6/82 = 0,073 = 7,3\%$.

Delle 10 diagnosi che sono state poste, 3 erano possibili cause di SCD e riguardavano 3 atleti maschi; 1 caso di cardiomiopatia aritmogena del VS in un atleta di 11 anni; 2 casi di sindrome di Wolff-Parkinson-White (10 e 13 anni).

Nell'atleta che ha ricevuto diagnosi di cardiomiopatia aritmogena del VS, nell'ECG a riposo era presente un emiblocco posteriore sinistro (con quindi presenza di deviazione assiale destra, ovvero una alterazione Borderline), nel test da sforzo sono invece comparsi dei BEV.

Dei due casi di pre-eccitazione, in uno l'alterazione era visibile nell'ECG a riposo, nell'altro caso sono stati evidenziati dei tratti di pre-eccitazione e presenza di TPSV durante la registrazione dell'Holter 24 ore, eseguito per BESV al test da sforzo.

DIAGNOSI NELLA POPOLAZIONE TOTALE

Diagnosi	Età/ Sesso	Sport	Anamnesi ed EO	ECG a riposo	Stress Test	Accertamenti di secondo livello	Idoneità
TPSV	15, F	Pallavolo	Storia di palpitazioni	BBDX incompleto	BEV	Eco: nei limiti Holter: 288 BEV isolati, TPSV	Provvisoria, 4 mesi
TPSV	16, F	Arrampicata	Negativa	BBDX incompleto, TWI anteriore	TPSV all'apice dello sforzo, BEV da sforzo	Eco: nei limiti Holter: 68 BESV isolati, 1 BEV	NO
TPSV + Pre-eccitazione ventricolare non adrenergico dipendente	10, M	Pallamano	Storia di sincope	Criteri ECG isolati IVS, RP	BESV isolati da sforzo e nel recupero	Eco: nei limiti Holter: tratti di pre-eccitazione, BESV sporadici, coppie, runs di TPSV Visita aritmologica	Si
Pre-eccitazione ventricolare	13, M	Nuoto	Negativa	Criteri ECG isolati per IVD, Deviazione assiale destra, Pre-eccitazione ventricolare	Negativo	Eco: minimo rigurgito mitro-aortico Holter: 3193 BEV isolati, 2 coppie Studio elettrofisiologico	Si
Bicuspidia aortica	12, M	Triathlon	Soffio 1/6	Criteri ECG isolati IVS	Negativo	Eco: valvola aortica bicuspidica con stenoinfuenza valvolare lieve. Aorta ascendente tubulare lievemente dilatata. Holter: 8 BESV isolati	Si
PVM lieve	12, M	Scherma	Familiarità per PVM	Negativo	Negativo	Eco: lieve PVM, non emodinamicamente significativo	Si
PVM lieve	15, F	Danza	Storia di sincope e BEV	Negativo	Negativo	Eco: minimo prolasso mitralico con insufficienza Holter: 148 BESV isolati, 90 coppie, 64 salve	Si
PFO	12, M	Calcio	Negativa	BBDX incompleto	Negativo	Eco: PFO non emodinamicamente significativo Holter: negativo	Si
PFO	11, M	Nuoto	Negativa	BBDX completo, QRS ≥ 140 ms	Negativo	Eco: PFO con lieve shunt sx-dx, VD lievemente dilatato Holter: negativo	Si
Cardiomiopatia aritmogena del VS	11, M	Calcio	Familiarità e precedente diagnosi di sdr di Ehler Danlos	Emiblocco posteriore sinistro	BEV (coppia) nel recupero	Eco: nei limiti Holter: 20 BESV isolati, 1 coppia, 650 BEV polimorfi isolati, 2 coppie, tratti con BAV 2° grado Mobitz 1 RMC: lieve depressione funzione VS, lieve ispessimento pericardico, estesa fibrosi intramurale ed epicardica Test genetico: mutazione missenso DSP VUS Cateterismo cardiaco Biopsia endomiocardica	NO

Tabella 4. Caratteristiche degli atleti che hanno ricevuto diagnosi. BBDX, Blocco di Branca Destro; BESV, Battiti Ectopici Sopraventricolari; BEV, Battiti Ectopici Ventricolari; EO, Esame Obiettivo; F, Femmina; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra; IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra; M, Maschio; PFO, Forame Ovale Pervio; PVM, Prolasso della valvola mitrale; TPSV, Tachicardia Parossistica Sopraventricolare; TWI, T Wave Inversion; VD, Ventricolo Destro; VS, Ventricolo sinistro.

Nella *Tabella 5* sono riportate le alterazioni ECG suddivise secondo i Criteri Internazionali del 2017 (1) trovate nella popolazione totale oggetto dello studio.

Le alterazioni elettrocardiografiche più frequentemente riscontrate sono state: BBDX Incompleto (22,8%), RP (14,8%), criteri elettrocardiografici isolati per IVS (13,8%).

Complessivamente, il 53,6% degli atleti presentava almeno una delle alterazioni ECG Normali dei Criteri Internazionali.

L'1,9% presentava almeno una alterazione Borderline e lo 0,7% almeno una di quelle Anormali.

Solo 5 atleti (0,2%) hanno presentato i criteri per bassi voltaggi.

REPERTI ECG NORMALI, BORDERLINE E ANORMALI (CRITERI INTERNAZIONALI DEL 2017) NELLA POPOLAZIONE TOTALE

NORMALI	Percentuale	BORDERLINE	Percentuale	ANORMALI	Percentuale
IVS	13,8%	Deviazione assiale Sinistra	0,09%	Inversione onda T	0,37%
IVD	10,7%	Ingrandimento atriale Sinistro	0,32%	BEV (≥ 1) *	0,28%
BBDX incompleto	22,8%	Deviazione assiale Destra	0,28%	QRS ≥ 140 ms	0,04%
RP	14,8%	Ingrandimento atriale Destro	1,02%	Pre-eccitazione ventricolare	0,04%
Inversione onda T V1-V3	5,1%	BBDX completo	0,14%	BAV 2° grado Mobitz 2 o 3° grado	0
Bradycardia sinusale	3,6%			Intervallo PR ≥ 400 ms	0
Ritmo atriale ectopico	1,7%			Bradycardia sinusale profonda	0
Ritmo giunzionale	0,1%			Pattern Brugada tipo 1	0
BAV di 1° grado	0,8%			QTc prolungato	0
BAV 2° grado tipo Mobitz 1	0			Onde Epsilon	0
				BBSX completo	0
				Onde Q patologiche	0
				Depressione segmento ST	0
				Tachiaritmie atriali	0
				Tachiaritmie ventricolari	0
Totale casi con ≥ 1 reperti ECG NORMALI	53,6%	Totale casi con ≥ 1 reperto ECG BORDERLINE	1,9%	Totale casi con ≥ 1 reperto ECG ANORMALE	0,7%

Tabella 5. Reperti ECG Normali, Borderline e Anormali (come descritti dai Criteri Internazionali del 2017, ad eccezione del numero di BEV in cui il cut-off è stato spostato a 1) nella popolazione totale, percentuale. BAV, Blocco Atrio-Ventricolare; BBDX, Blocco di branca destro; BBSX, Blocco di branca sinistro; BEV, Battito Ectopico Ventricolare; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra; IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra; RP, Ripolarizzazione precoce.

4.1.2. Sottopopolazione con età ≤ 12 anni

La sottopopolazione con età ≤ 12 anni è risultata essere composta da 1287 atleti (60,2% rispetto alla popolazione totale). L'età mediana è risultata 11 anni (10-12) con il 52,2% di femmine.

Anche in questa sottopopolazione la maggior parte degli atleti presi in esame praticava sport di tipo Misto (59,4%), il 29,8% di Endurance e il 10,8% di Destrezza.

Il 21,9% era non allenato, il 57,9% poco allenato e il 20,1% molto allenato.

È risultata esserci una differenza statisticamente significativa ($p < 0,001$) tra gli atleti maschi e femmine per:

- Età, mediana dei maschi 11 anni (11-12), delle femmine 11 anni (9-12);
- Altezza, mediana dei maschi 153 cm (146-159), delle femmine 148 cm (138-156);
- Peso, mediana dei maschi 44 kg (37,1-52), delle femmine 38,6 kg (31-48);
- BMI, mediana dei maschi 18,7 (16,9-21,2), delle femmine 17,6 (15,9-20,1)
- BSA, mediana dei maschi 1,37 (1,24-1,51), delle femmine 1,26 (1,10-1,44)
- Anni di allenamento, mediana dei maschi 2 (1-3), delle femmine 1 (1-3)

È presente una differenza statisticamente significativa ($p < 0,001$, *Figura 9*) tra i due sessi per quanto riguarda le tipologie di sport praticati. Gli sport Misti sono più praticati dai maschi, mentre quelli di Destrezza ed Endurance dalle femmine:

- Il 18,2% delle femmine e il 2,8% dei maschi pratica uno sport di Destrezza
- Il 38,5% delle femmine e il 20,2% dei maschi pratica uno sport di Endurance
- Il 43,3% delle femmine e il 77,1% dei maschi pratica uno sport Misto.

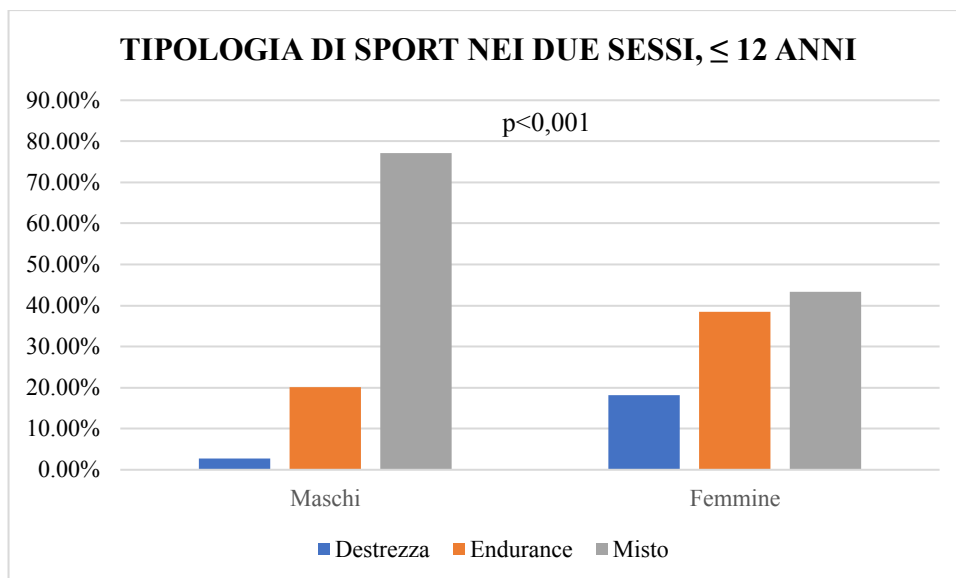


Figura 9. Confronto della tipologia di sport praticati nei due sessi, popolazione di atleti con età pari o inferiore a 12 anni. $p < 0,001$.

Considerando la quantità di allenamento, è presente una differenza statisticamente significativa ($p = 0,008$ Figura 10) tra i due sessi in questa fascia d'età: le femmine risultano essere meno allenate (la percentuale di non allenate tra le femmine è il 25,6%, tra i maschi del 17,3%, quelle poco allenate sono il 55,8% mentre i maschi sono il 60,7%, quelle molto allenate il 18,7% mentre i maschi il 22%).

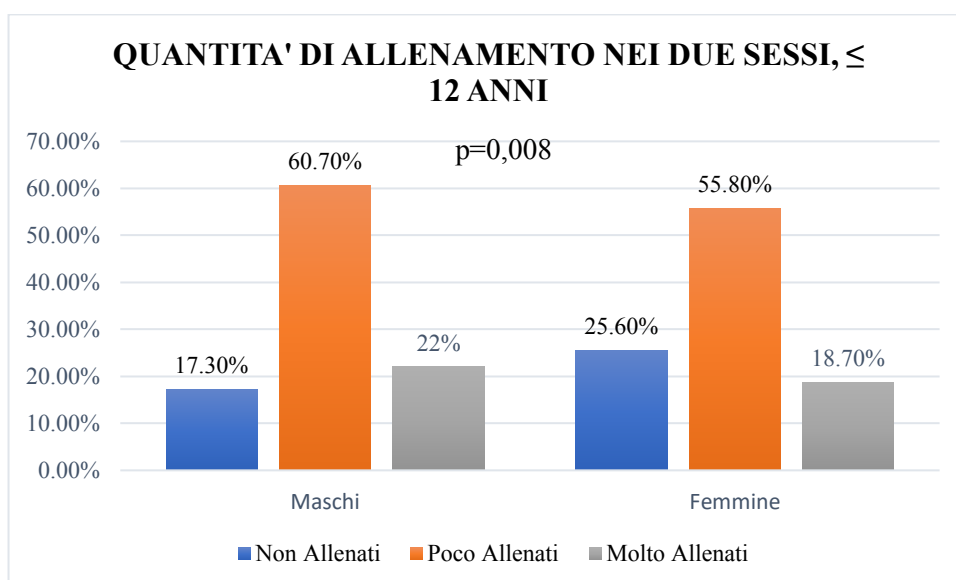


Figura 10. Confronto della quantità di allenamento nei due sessi, popolazione di atleti con età pari o inferiore a 12 anni. $p = 0,008$.

4.1.3. Sottopopolazione con età > 12 anni

La sottopopolazione con età > 12 anni è risultata essere composta da 852 atleti (39,8% rispetto alla popolazione totale). L'età mediana è risultata 15 anni (14-16), con il 49,3% di femmine.

In questa popolazione è risultata esserci una differenza statisticamente significativa tra i due sessi per tutti i parametri biometrici:

- Altezza, mediana dei maschi 174 cm (168-179), delle femmine 164 cm (159-168)
- Peso, mediana dei maschi 64 kg (56-73), delle femmine 57 kg (52-63)
- BMI, mediana dei maschi 21 (19,3-23), delle femmine 21,3 (19,6-23,2)
- BSA, mediana dei maschi 1,76 (1,62-1,90), delle femmine 1,61 (1,53-1,70)

Anche in questa sottopopolazione la maggior parte degli atleti presi in esame pratica sport di tipo Misto (63,4%), il 28,1% di Endurance e l'8,6% di Destrezza.

Il 5,9% è non allenato, il 23,8% è poco allenato e il 70,3% è molto allenato.

Permane una differenza statisticamente significativa nella distribuzione della tipologia di sport tra i due sessi, con gli sport Misti più praticati dai maschi e quelli di Endurance e Destrezza dalle femmine ($p < 0,001$).

Considerando la suddivisione in base a quantità di allenamento tra i due sessi, non emergono differenze statisticamente significative ($p = 0,488$).

4.2. CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG NORMALI, BORDERLINE E ANORMALI

4.2.1. Età

Nella *Tabella 6* è riportato il confronto tra le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali (1) tra ≤ 12 anni e > 12 anni.

La percentuale di atleti con almeno una alterazione ECG Normale è significativamente maggiore tra gli atleti >12 anni ($p<0,001$). In particolare, la prevalenza di: BBDX incompleto ($p<0,001$), RP ($p<0,001$), Bradicardia sinusale ($p<0,001$), BAV di 1° grado ($p<0,001$), è maggiore negli atleti di età superiore.

Invece, l'inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3 è più frequente negli atleti di età minore ($p<0,001$).

Andando a considerare i due sessi separatamente, non si hanno le stesse differenze tra le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali che sono state descritte nel confronto d'età all'interno della popolazione totale.

Per quanto riguarda le femmine (*Tabella 7*), le atlete di età inferiore soddisfano più frequentemente i criteri ECG isolati per IVS ($p<0,001$), IVD ($p<0,001$) e presentano con una percentuale maggiore inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3 ($p<0,001$).

Le atlete con più di 12 anni presentano con frequenza maggiore BBDX incompleto ($p<0,001$) RP ($p>0,001$), Bradicardia sinusale ($p=0,017$), BAV di 1° grado ($p=0,034$).

Considerando invece solamente gli atleti maschi (*Tabella 8*) nel confronto delle prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali (1), emerge che il BBDX incompleto ($p<0,001$), la RP ($p<0,001$), la Bradicardia sinusale ($p<0,001$), il BAV di 1° grado ($p=0,010$) sono più frequenti negli atleti più vecchi, così come considerando nel complesso la percentuale di atleti con almeno una alterazione ECG Normale ($p<0,001$), essa risulta maggiore negli atleti >12 anni.

L'inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3 si presenta più frequentemente nei <12 anni ($p<0,001$).

ALTERAZIONI ECG NORMALI NELLA POPOLAZIONE TOTALE, CONFRONTO

≤ 12 E > 12 ANNI

ALTERAZIONI ECG NORMALI	FREQUENZA (%) ≤ 12 ANNI	FREQUENZA (%) > 12 ANNI	P VALUE
IVS (Sokolow-Lyon)	193 (15%)	103 (12,1%)	0,057
IVD (Sokolow-Lyon)	142 (11%)	87 (10,2%)	0,547
BBDX incompleto	223 (17,3%)	265 (31,1%)	<0,001
Ripolarizzazione Precoce	145 (11,3%)	171 (20,1%)	<0,001
Inversione onda T V1-V3	94 (7,3%)	15 (2,3%)	<0,001
Bradicardia sinusale	8 (0,6%)	70 (8,2%)	<0,001
Ritmo atriale ectopico	23 (1,8%)	13 (1,5%)	0,646
Ritmo giunzionale	0	1 (0,2%)	0,769
BAV di 1° grado	3 (0,2%)	14 (1,6%)	<0,001
Elevazione tratto ST seguito da inversione dell'onda T negli atleti di origine africana	0	0	
BAV 2° grado tipo Mobitz 1	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperti ECG NORMALI	620 (48,2%)	527 (61,9%)	<0,001

Tabella 6. Confronto delle alterazioni ECG Normali nei ≤ 12 anni e > 12 anni (popolazione totale), frequenza (percentuale), p value. BAV, Blocco Atrio-Ventricolare; BBDX, Blocco di Branca Destro; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra, IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra.

ALTERAZIONI ECG NORMALI NELLE FEMMINE, CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI

ALTERAZIONI ECG NORMALI	FREQUENZA (%) F ≤ 12 ANNI	FREQUENZA (%) F > 12 ANNI	P VALUE
IVS (Sokolow-Lyon)	68 (10,1%)	6 (1,4%)	<0,001
IVD (Sokolow-Lyon)	33 (4,9%)	4 (1%)	<0,001
BBDX incompleto	112 (16,7%)	122 (29%)	<0,001
Ripolarizzazione Precoce	59 (8,8%)	69 (16,4%)	<0,001
Inversione onda T V1-V3	54 (8%)	8 (1,9%)	<0,001
Bradicardia sinusale	2 (0,3%)	8 (1,9%)	0,017
Ritmo atriale ectopico	11 (1,6%)	3 (0,7%)	0,187
Ritmo giunzionale	1 (0,1%)	0	0,429
BAV di 1° grado	1 (0,1%)	5 (1,2%)	0,034
Elevazione tratto ST seguito da inversione dell'onda T negli atleti di origine africana	0	0	
BAV 2° grado tipo Mobitz 1	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperti ECG NORMALI	273 (40,6%)	196 (46,7%)	0,05

Tabella 7. Confronto delle alterazioni ECG Normali nelle femmine ≤ 12 anni e > 12 anni, frequenza (percentuale), p value. BAV, Blocco Atrio-Ventricolare; BBDX, Blocco di Branca Destro; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra, IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra.

ALTERAZIONI ECG NORMALI NEI MASCHI, CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI

ALTERAZIONI ECG NORMALI	FREQUENZA (%) M ≤ 12 ANNI	FREQUENZA (%) M > 12 ANNI	P VALUE
IVS (Sokolow-Lyon)	125 (20,3%)	97 (22,5%)	0,407
IVD (Sokolow-Lyon)	109 (17,7%)	83 (19,2%)	0,540
BBDX incompleto	111 (18%)	143 (33,1%)	<0,001
Ripolarizzazione Precoce	86 (14%)	102 (23,6%)	<0,001
Inversione onda T V1-V3	40 (6,5%)	7 (1,6%)	<0,001
Bradycardia sinusale	6 (1%)	62 (14,4%)	<0,001
Ritmo atriale ectopico	12 (2%)	10 (2,3%)	0,686
Ritmo giunzionale	0	1 (0,2%)	0,233
BAV di 1° grado	2 (0,3%)	9 (2,1%)	0,010
Elevazione tratto ST seguito da inversione dell'onda T negli atleti di origine africana	0	0	
BAV 2° grado tipo Mobitz 1	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperti ECG NORMALI	347 (56,4%)	331 (76%)	<0,001

Tabella 8. Confronto delle alterazioni ECG Normali nei maschi ≤ 12 anni e > 12 anni, frequenza (percentuale), p value. BAV, Blocco Atrio-Ventricolare; BBDX, Blocco di Branca Destro; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra, IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra.

Per quanto riguarda il confronto delle prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Borderline (1) tra ≤ 12 anni e > 12 anni (Tabella 9), si evidenzia il fatto che la presenza di ingrandimento atriale destro è più frequente negli atleti con età inferiore ($p= 0,047$).

Mettendo a confronto le due fasce d'età solo tra le atlete femmine e solo tra gli atleti maschi, non emergono differenze statisticamente significative nella valutazione delle Alterazioni ECG Borderline. (Tabelle 10 e 11).

**ALTERAZIONI ECG BORDERLINE NELLA POPOLAZIONE TOTALE,
CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI**

ALTERAZIONI ECG BORDERLINE	FREQUENZA E % ≤ 12 ANNI	FREQUENZA E % > 12 ANNI	P VALUE
Deviazione assiale sinistra	1 (0,1%)	1 (0,1%)	0,769
Ingrandimento atriale sinistro	3 (0,2%)	4 (0,5%)	0,349
Deviazione assiale destra	2 (0,2%)	4 (0,5%)	0,179
Ingrandimento atriale destro	18 (1,4%)	4 (0,5%)	0,047
BBDX completo	2 (0,2%)	1 (0,1%)	0,818
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG BORDERLINE	26 (2%)	14 (1,6%)	0,529

Tabella 9. Confronto delle alterazioni ECG Borderline nei ≤ 12 anni e > 12 anni (popolazione totale), frequenza (percentuale), p value. BBDX, Blocco di Branca Destro.

ALTERAZIONI ECG BORDERLINE NELLE FEMMINE, CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI

ALTERAZIONI ECG BORDERLINE	FREQUENZA E % F ≤ 12 ANNI	FREQUENZA E % F > 12 ANNI	P VALUE
Deviazione assiale sinistra	0	1 (0,2%)	0,206
Ingrandimento atriale sinistro	0	0	
Deviazione assiale destra	0	1 (0,2%)	0,206
Ingrandimento atriale destro	12 (1,8%)	3 (0,7%)	0,139
BBDX completo	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG BORDERLINE	12 (1,8%)	5 (1,2%)	0,44

Tabella 10. Confronto delle alterazioni ECG Borderline nelle femmine ≤ 12 anni e > 12 anni, frequenza (percentuale), p value. BBDX, Blocco di Branca Destro.

ALTERAZIONI ECG BORDERLINE NEI MASCHI, CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI

ALTERAZIONI ECG BORDERLINE	FREQUENZA E % M ≤ 12 ANNI	FREQUENZA E % M > 12 ANNI	P VALUE
Deviazione assiale sinistra	1 (0,2%)	0	0,402
Ingrandimento atriale sinistro	3 (0,5%)	4 (0,9%)	0,393
Deviazione assiale destra	2 (0,3%)	3 (0,7%)	0,394
Ingrandimento atriale destro	6 (1%)	1 (0,2%)	0,145
BBDX completo	2 (0,3%)	1 (0,2%)	0,779
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG BORDERLINE	14 (2,3%)	9 (2,1%)	0,834

Tabella 11. Confronto delle alterazioni ECG Borderline nei maschi ≤ 12 anni e > 12 anni, frequenza (percentuale), p value. BBDX, Blocco di Branca Destro.

Nel confronto delle prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Anormali (1) tra ≤ 12 anni e > 12 anni, l'unico elemento statisticamente significativo ($p < 0,001$) è il fatto che l'inversione patologica dell'onda T sia esclusivamente presente negli atleti con età superiore ai 12 anni. (Tabella 12)

Eseguendo il medesimo confronto solo nella sottopopolazione di femmine, si nota come si confermi il fatto che l'inversione patologica dell'onda T è più frequente nelle atlete > 12 anni ($p = 0,003$). (Tabella 13)

Considerando solo gli atleti maschi invece, non ci sono differenze statisticamente significative tra le due fasce d'età prendendo in esame le alterazioni Anormali. (Tabella 14).

Non vi sono differenze statisticamente significative tra le due fasce d'età confrontando la prevalenza di bassi voltaggi (41) ($p = 1$)

**ALTERAZIONI ECG ANORMALI NELLA POPOLAZIONE TOTALE,
CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI**

ALTERAZIONI ECG ANORMALI	FREQUENZA E % ≤ 12 ANNI	FREQUENZA E % > 12 ANNI	P VALUE
Inversione onda T	0	8 (0,9%)	<0,001
QRS ≥ 140 ms	1 (0,1%)	0	0,416
Pre-eccitazione ventricolare	0	1 (0,1%)	0,219
BEV (≥ 1)	5 (0,4%)	1 (0,1%)	0,246
BAV 2° grado Mobitz 2 o 3° grado	0	0	
Intervallo PR ≥ 400 ms	0	0	
Bradicardia sinusale profonda (< 30 bpm)	0	0	
Pattern Brugada tipo 1	0	0	
QTc prolungato (> 470 M, 480 F)	0	0	
Onde Epsilon	0	0	
BBSX completo	0	0	
Onde Q patologiche	0	0	
Depressione segmento ST	0	0	
Tachiaritmie atriali	0	0	
Tachiaritmie ventricolari	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG ANORMALE	6 (0,5%)	10 (1,2%)	0,063

Tabella 12. Confronto delle alterazioni ECG Anormali nei ≤ 12 anni e > 12 anni (popolazione totale), frequenza (percentuale), p value. BAV, Blocco atrioventricolare; BEV, Battito Ectopico Ventricolare; BBSX, Blocco di Branca sinistro.

ALTERAZIONI ECG ANORMALI NELLE FEMMINE, CONFRONTO ≤ 12 E > 12
ANNI

ALTERAZIONI ECG ANORMALI	FREQUENZA E % F ≤ 12 ANNI	FREQUENZA E % F > 12 ANNI	P VALUE
Inversione onda T	0	6 (1,4%)	0,003
QRS >140 ms	0	0	
Pre-eccitazione ventricolare	0	0	
BEV (≥ 1)	4 (0,6%)	1 (0,2%)	0,395
BAV 2° grado Mobitz 2 o 3° grado	0	0	
Intervallo PR ≥ 400 ms	0	0	
Bradicardia sinusale profonda (<30 bpm)	0	0	
Pattern Brugada tipo 1	0	0	
QTc prolungato (> 470 M, 480 F)	0	0	
Onde Epsilon	0	0	
BBSX completo	0	0	
Onde Q patologiche	0	0	
Depressione segmento ST	0	0	
Tachiaritmie atriali	0	0	
Tachiaritmie ventricolari	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG ANORMALE	4 (0,6%)	7 (1,7%)	0,118

Tabella 13. Confronto delle alterazioni ECG Anormali nelle femmine ≤ 12 anni e > 12 anni, frequenza, percentuale, p value. BAV, Blocco atrioventricolare; BEV, Battito Ectopico Ventricolare; BBSX, Blocco di Branca sinistro.

ALTERAZIONI ECG ANORMALI NEI MASCHI, CONFRONTO ≤ 12 E > 12 ANNI

ALTERAZIONI ECG ANORMALI	FREQUENZA E % M ≤ 12 ANNI	FREQUENZA E % M > 12 ANNI	P VALUE
Inversione onda T	0	2 (0,4%)	0,070
QRS ≥ 140 ms	1 (0,2%)	0	0,402
Pre-eccitazione ventricolare	0	1 (0,2%)	0,233
BEV (≥ 1)	1 (0,2%)	0	0,402
BAV 2° grado Mobitz 2 o 3° grado	0	0	
Intervallo PR ≥ 400 ms	0	0	
Bradicardia sinusale profonda (< 30 bpm)	0	0	
Pattern Brugada tipo 1	0	0	
QTc prolungato (> 470 M, 480 F)	0	0	
Onde Epsilon	0	0	
BBSX completo	0	0	
Onde Q patologiche	0	0	
Depressione segmento ST	0	0	
Tachiaritmie atriali	0	0	
Tachiaritmie ventricolari	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG ANORMALE	2 (0,3%)	3 (0,7%)	0,394

Tabella 14. Confronto delle alterazioni ECG Anormali nei maschi ≤ 12 anni e > 12 anni, frequenza, percentuale, p value. BAV, Blocco atrioventricolare; BEV, Battito Ectopico Ventricolare; BBSX, Blocco di Branca sinistro.

Nella sottopopolazione di atleti con età > 12 anni le alterazioni elettrocardiografiche (1) più frequenti sono state: BBDX incompleto (31,1%), RP (20,1%), criteri per IVS(12,1%).

Nella sottopopolazione di atleti con età ≤ 12 anni le più frequenti sono state: BBDX incompleto (17,3%), criteri per IVS (15%), RP (11,3%), si noti come in questa fascia d'età le prevalenze di BBDX incompleto e RP siano nettamente inferiori rispetto a quelle degli atleti di età maggiore.

4.2.2. Sesso

Si prende ora in esame, all'interno delle due sottopopolazioni suddivise per età se vi siano differenze in termini di prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali, Borderline e Anormali (1) tra le femmine e i maschi. Vedi *Tabelle 15, 16, 17, 18, 19, 20*.

Nei ≤ 12 anni, se si considerano complessivamente tutti gli atleti con almeno una alterazione ECG Normale, si nota come la percentuale sia maggiore nei maschi ($p < 0,001$). Nello specifico, vi è una differenza statisticamente significativa in termini di prevalenza di: IVS ($p < 0,001$), IVD ($p < 0,001$) e RP ($p = 0,004$), tutte queste alterazioni sono più frequenti negli atleti maschi.

Valutando invece tali differenze tra i due sessi nella sottopopolazione di atleti con età >12 anni, si nota che nei maschi oltre ad essere più frequenti le medesime alterazioni ECG presenti nel sottogruppo di età inferiore (Totale degli atleti con almeno una alterazione ECG Normale $p < 0,001$, IVS $p < 0,001$, IVD $p < 0,001$, RP $p = 0,009$) vi è anche una maggior prevalenza di Bradicardia Sinusale ($p < 0,001$).

Sia nella sottopopolazione con età ≤ 12 anni sia in quella >12 anni non ci sono differenze statisticamente significative tra i due sessi prendendo in esame le alterazioni Borderline e Anormali.

**CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG NORMALI TRA MASCHI E
FEMMINE ≤ 12 ANNI**

ALTERAZIONI ECG NORMALE	FREQUENZA (%) M ≤ 12 ANNI	FREQUENZA (%) F ≤ 12 ANNI	P VALUE
IVS (Sokolow-Lyon)	125 (20,3%)	68 (10,1%)	<0,001
IVD (Sokolow-Lyon)	109 (17,7%)	33 (4,9%)	<0,001
BBDX incompleto	111 (18%)	112 (16,7%)	0,513
Ripolarizzazione Precoce	86 (14%)	59 (8,8%)	0,004
Inversione onda T V1-V3	40 (6,5%)	54 (8%)	0,295
Bradicardia sinusale	6 (1%)	2 (0,3%)	0,122
Ritmo atriale ectopico	12 (2%)	11 (1,6%)	0,671
Ritmo giunzionale	0	1 (0,1%)	0,339
Blocco AV di 1° grado	2 (0,3%)	1 (0,1%)	0,512
Elevazione tratto ST seguito da inversione dell'onda T negli atleti di origine africana	0	0	
Blocco AV 2° grado tipo Mobitz 1	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperti ECG NORMALI	347 (56,4%)	273 (40,6%)	<0,001

Tabella 15. Confronto delle Alterazioni ECG Normali nei ≤ 12 anni tra maschi e femmine, numero, percentuale, p value. BAV, Blocco Atrio-Ventricolare; BBDX, Blocco di Branca Destro; IVD, Ipertrifia Ventricolare Destra, IVS, Ipertrifia Ventricolare Sinistra.

**CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG BORDERLINE TRA MASCHI E
FEMMINE ≤ 12 ANNI**

ALTERAZIONE ECG BORDERLINE	FREQUENZA E % M ≤12 ANNI	FREQUENZA E % F ≤12 ANNI	P VALUE
Deviazione assiale sinistra	1 (0,2%)	0	0,296
Ingrandimento atriale sinistro	3 (0,5%)	0	0,109
Deviazione assiale destra	2 (0,3%)	0	0,139
Ingrandimento atriale destro	6 (1%)	12 (1,8%)	0,218
BBDX completo	2 (0,3%)	0	0,139
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG BORDERLINE	14 (2,3%)	12 (1,8%)	0,532

Tabella 16. Confronto delle Alterazioni ECG Borderline nei ≤ 12 anni tra maschi e femmine, numero, percentuale, p value. BBDX, Blocco di Branca Destro.

**CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG ANORMALI TRA MASCHI E
FEMMINE ≤ 12 ANNI**

ALTERAZIONI ECG ANORMALI	FREQUENZA E % M ≤12 ANNI	FREQUENZA E % F ≤12 ANNI	P VALUE
Inversione onda T	0	0	
QRS >140 ms	1 (0,2%)	0	0,296
Pre-eccitazione ventricolare	0	0	
BEV (≥ 1)	1 (0,2%)	4 (0,6%)	0,213
BAV 2° grado Mobitz 2 o 3° grado	0	0	
Intervallo PR ≥ 400 ms	0	0	
Bradycardia sinusale profonda (< 30bpm)	0	0	
Pattern Brugada tipo 1	0	0	
QTc prolungato (>470 M, 480 F)	0	0	
Onde Epsilon	0	0	
BBSX completo	0	0	
Onde Q patologiche	0	0	
Depressione segmento ST	0	0	
Tachiaritmie atriali	0	0	
Tachiaritmie ventricolari	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG ANORMALE	2 (0,3%)	4 (0,6%)	0,477

Tabella 17. Confronto delle alterazioni ECG Anormali nei ≤12 anni tra maschi e femmine, frequenza, percentuale, p value. BAV, Blocco atrioventricolare; BEV, Battito Ectopico Ventricolare; BBSX, Blocco di Branca sinistro.

**CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG NORMALI TRA MASCHI E
FEMMINE > 12 ANNI**

ALTERAZIONI ECG NORMALE	FREQUENZA E % M > 12 ANNI	FREQUENZA E % F > 12 ANNI	P VALUE
IVS (Sokolow-Lyon)	97 (22,5%)	6 (1,4%)	<0,001
IVD (Sokolow-Lyon)	83 (19,2%)	4 (1,0%)	<0,001
BBDX incompleto	143 (33,1%)	122 (29,0%)	0,201
Ripolarizzazione Precoce	102 (23,6%)	69 (16,4%)	0,009
Inversione onda T V1-V3 <16 anni	7 (1,6%)	8 (1,9%)	0,752
Bradycardia sinusale	62 (14,4%)	8 (1,9%)	<0,001
Ritmo atriale ectopico	10 (2,3%)	3 (0,7%)	0,090
Ritmo giunzionale	0	1 (0,2%)	0,324
Blocco AV di 1° grado	9 (2,1%)	5 (1,2%)	0,305
Elevazione tratto ST seguito da inversione dell'onda T negli atleti di origine africana	0	0	
Blocco AV 2° grado tipo Mobitz 1	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperti ECG NORMALI	331 (76,6%)	196 (46,7%)	<0,001

Tabella 18. Confronto delle Alterazioni ECG Normali nei > 12 anni tra maschi e femmine, numero, percentuale, p value. BAV, Blocco Atrio-Ventricolare; BBDX, Blocco di Branca Destro; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra, IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra.

**CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG BORDERLINE TRA MASCHI E
FEMMINE > 12 ANNI**

ALTERAZIONE ECG BORDERLINE	FREQUENZA E % M >12 ANNI	FREQUENZA E % F >12 ANNI	P VALUE
Deviazione assiale sinistra	0	1 (0,2%)	0,310
Ingrandimento atriale sinistro	4 (0,9%)	0	0,124
Deviazione assiale destra	3 (0,7%)	1 (0,2%)	0,330
Ingrandimento atriale destro	1 (0,2%)	3 (0,7%)	0,303
BBDX completo	1 (0,2%)	0	0,324
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG BORDERLINE	9 (2,1%)	5 (1,2%)	0,305

Tabella 19. Confronto delle Alterazioni ECG Borderline nei > 12 anni tra maschi e femmine, numero, percentuale, p value. BBDX, Blocco di Branca Destro.

**CONFRONTO DELLE ALTERAZIONI ECG ANORMALI TRA MASCHI E
FEMMINE > 12 ANNI**

ALTERAZIONI ECG ANORMALI	FREQUENZA E % M >12 ANNI	FREQUENZA E % F >12 ANNI	P VALUE
Inversione onda T	2 (0,4 %)	6 (1,4%)	0,295
QRS ≥ 140 ms	0	0	
Pre-eccitazione ventricolare	1 (0,2%)	0	0,324
BEV (≥ 1)	0	1 (0,2%)	0,310
BAV 2° grado Mobitz 2 o 3° grado	0	0	
Intervallo PR ≥ 400 ms	0	0	
Bradycardia sinusale profonda (< 30 bpm)	0	0	
Pattern Brugada tipo 1	0	0	
QTc prolungato (> 470 M, 480 F)	0	0	
Onde Epsilon	0	0	
BBSX completo	0	0	
Onde Q patologiche	0	0	
Depressione segmento ST	0	0	
Tachiaritmie atriali	0	0	
Tachiaritmie ventricolari	0	0	
Totale casi con ≥ 1 reperto ECG ANORMALE	3 (0,7%)	7 (1,7%)	0,188

Tabella 20. Confronto delle alterazioni ECG Anormali nei > 12 anni tra maschi e femmine, frequenza, percentuale, p value. BAV, Blocco atrioventricolare; BEV, Battito Ectopico Ventricolare; BBSX, Blocco di Branca sinistro.

4.2.3. Quantità di Allenamento

Si vanno ora a confrontare le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali (1) sulla base della quantità di allenamento nella popolazione totale.

Il 59,3% dei molto allenati presenta almeno una alterazione ECG Normale, la percentuale diminuisce a 50,3% nei poco allenati mentre torna a salire a 58,5% nei non allenati. ($p=0,002$). *Figura 11*

Le prevalenze di BBDX Incompleto presentano un andamento simile ($p=0,001$).

La prevalenza di RP ($p<0,001$), Bradicardia Sinusale ($p<0,001$) e BAV di 1° grado ($p=0,006$) aumenta all'aumentare del grado di allenamento.

La prevalenza di inversione dell'onda T V1-V3 è tanto maggiore quanto minore il grado di allenamento ($p<0,001$). *Figura 12*

Considerando le alterazioni Borderline non ci sono differenze statisticamente significative tra i tre gruppi suddivisi in base alla quantità di allenamento.

Confrontando invece le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Anormali, emerge che la prevalenza tra gli atleti di più di un BEV correla in modo inversamente proporzionale all'allenamento ($p=0,015$).

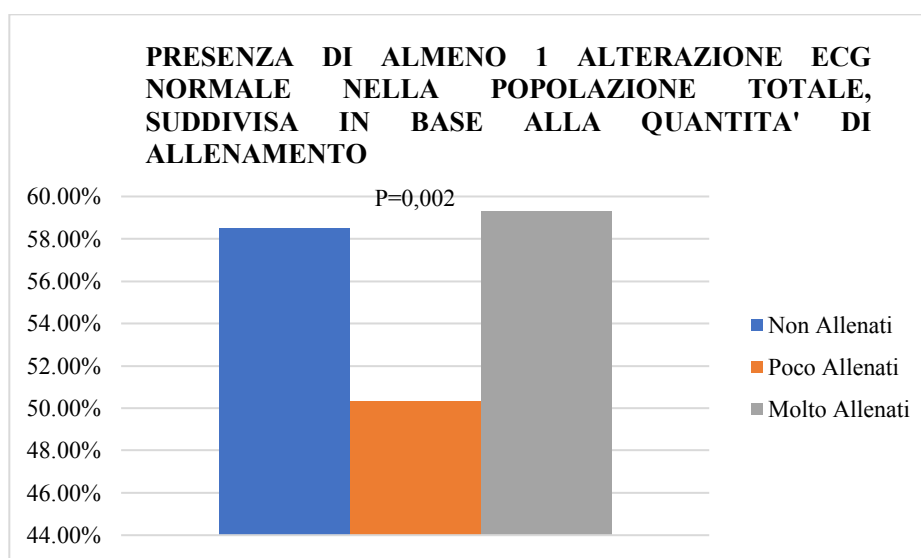


Figura 11. Confronto delle prevalenze di almeno 1 alterazione ECG Normale nei sottogruppi suddivisi in base alla quantità di allenamento (Non allenati, Poco allenati, Molto allenati) nella popolazione totale.

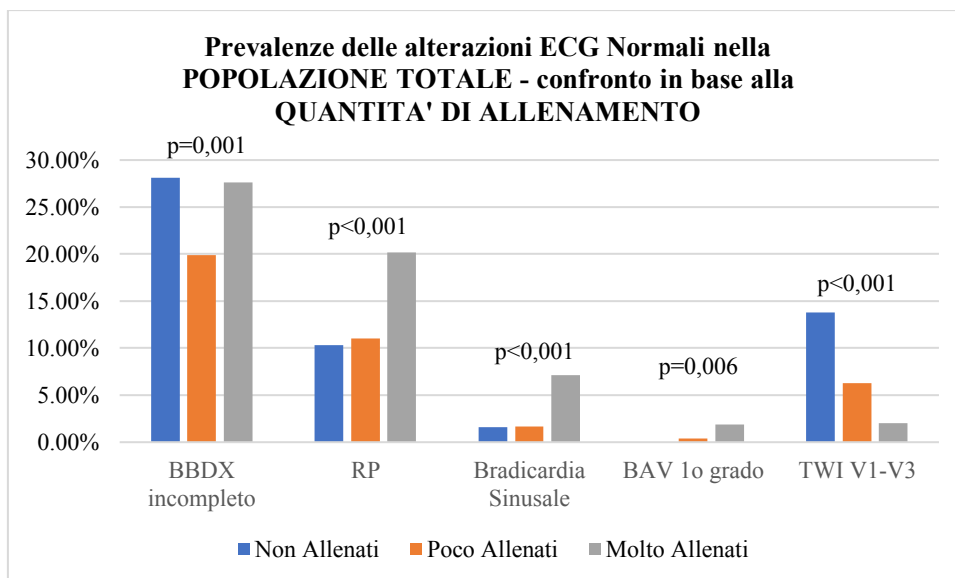


Figura 12. Confronto delle prevalenze delle alterazioni Normali tra Non allenati, Poco allenati e Molto allenati che presentano una differenza statisticamente significativa legata alla quantità di allenamento (BBDX incompleto, RP, Bradicardia Sinusale, BAV di 1° grado e TWI V1-V3) nella popolazione totale. BAV, Blocco atrio-ventricolare; BBDX, Blocco di Branca destro; RP, Ripolarizzazione Precoce; TWI, T Wave Inversion.

Si svolge a questo punto una normalizzazione per età, per valutare se vi sono differenze statisticamente significative tra le prevalenze delle alterazioni ECG legate alla quantità di allenamento nella sottopopolazione di atleti ≤ 12 anni e nei >12 anni.

Negli atleti di età superiore, non vi sono differenze statisticamente significative tra molto, poco e non allenati.

Negli atleti con età pari o inferiore a 12 anni il p value assume un valore statisticamente significativo (e dunque si ha un impatto dell'allenamento nelle prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche) considerando in totale i casi con almeno un reperto ECG Normale (p value = 0,006), BBDX incompleto (p value = 0,029), Inversione onda T V1-V3 (p value $<0,001$). *Figura 13*

In questa fascia d'età, hanno almeno una alterazione ECG Normale il 58,8% dei non allenati, il 48% dei poco allenati e il 43,8% dei molto allenati. Le prevalenze di inversione dell'onda T in V1-V3 sono: 16,1% nei non allenati, 7,2% nei poco

allenati e 4,7% nei molto allenati. In questi due casi si nota una chiara correlazione inversa con la quantità di allenamento.

Presentano invece un BBDX incompleto il 25,6% dei non allenati, il 17% dei poco allenati e il 18,6% dei molto allenati.

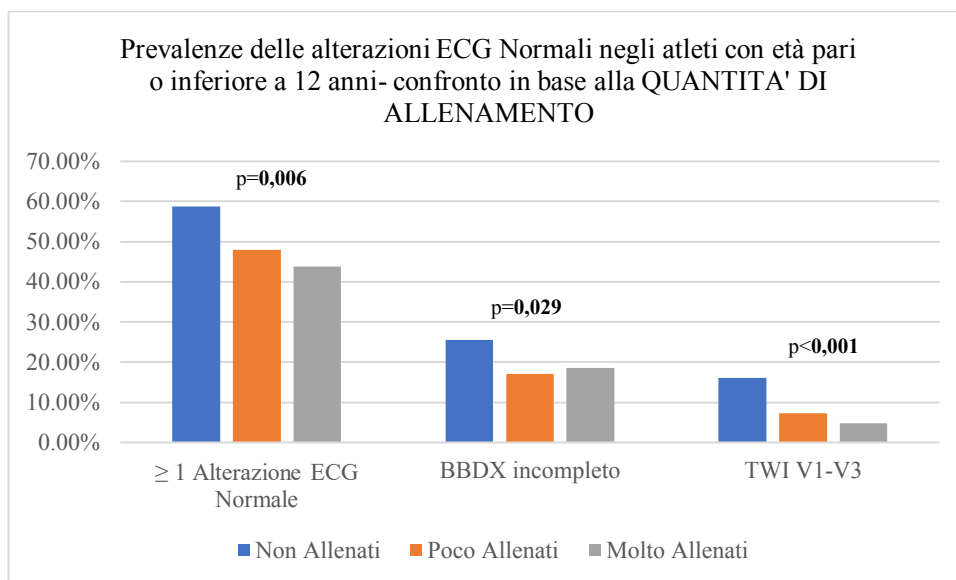


Figura 13. Prevalenze delle alterazioni ECG Normali con differenze statisticamente significative nei ≤ 12 anni, in base alla quantità di allenamento (non allenati, poco allenati, molto allenati). BBDX, Blocco di Branca destro; TWI, T Wave Inversion.

4.2.4. Tipologia di Sport

Come ultima analisi, si confrontano le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali, Borderline e Anormali (1) suddividendo gli atleti in base allo sport che praticavano (Destrezza, Endurance e Misto).

La percentuale di atleti con almeno una alterazione ECG Normale ($p=0,029$) e la prevalenza di IVS ($p<0,001$), IVD ($p<0,001$), e RP ($p=0,004$) è minima tra gli atleti che praticano uno sport di Destrezza, aumenta tra coloro che praticano uno sport di Endurance ed è massima tra chi pratica uno sport Misto.

La prevalenza di Inversione dell'onda T V1-V3 segue un andamento opposto ($p<0,001$), è più frequente tra gli atleti che praticano uno sport di Destrezza, seguono quelli che praticano uno sport di Endurance ed è minima tra quelli che praticano uno sport Misto. *Figura 14*

Considerando le alterazioni Borderline e Anormali non ci sono differenze statisticamente significative tra i tre gruppi suddivisi in base alla tipologia di sport.

Si svolge a questo punto una normalizzazione in base al sesso. Si riscontrano differenze statisticamente significative nel sottogruppo dei maschi, in particolare per quanto riguarda le prevalenze dell'inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3 ($p<0,001$) e del BBDX incompleto ($p=0,012$). In entrambi i casi, tali alterazioni sono più frequenti tra gli atleti che praticano uno sport di Destrezza, seguono per frequenza gli atleti che praticano uno sport di Endurance e infine quelli che praticano uno sport Misto.

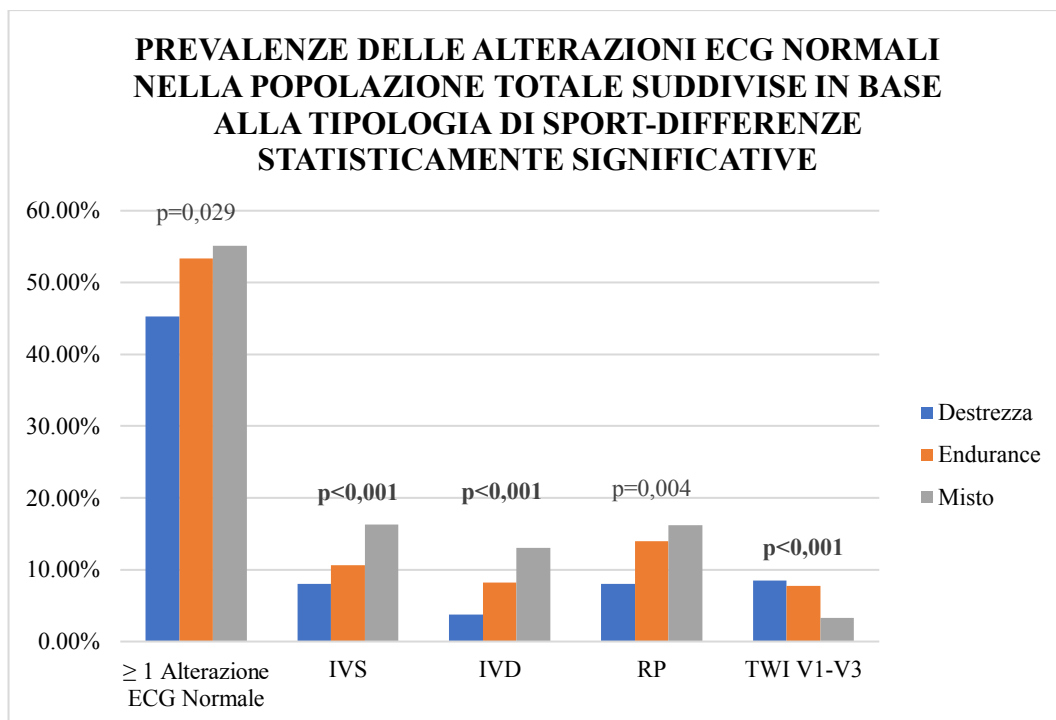


Figura 14. Risultati statisticamente significativi emersi dal confronto delle prevalenze delle alterazioni ECG Normali nella popolazione totale suddivise in base alla tipologia di sport (Destrezza, Endurance, Misto): \geq alterazione ECG Normale, IVS, IVD, RP, TWI V1-V3. IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra; IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra; RP, Ripolarizzazione Precoce; TWI, T Wave Inversion.

5. DISCUSSIONE

5.1. POPOLAZIONE

Nella valutazione delle caratteristiche della popolazione oggetto dello studio, si nota come negli atleti con età inferiore ai 12 anni, i maschi risultano essere più allenati rispetto alle femmine ($p=0,008$). Negli atleti con più di 12 anni invece, non viene riscontrata una differenza statisticamente significativa in termini di quantità di allenamento tra i due sessi ($p=0,488$).

Per quanto riguarda la tipologia di sport invece, gli sport di Destrezza che prevedono un minor impegno cardiovascolare e dunque un minor impatto nel rimodellamento cardiaco sport-correlato sono appannaggio quasi esclusivamente del sesso femminile in entrambe le fasce d'età considerate (il 18,2% delle femmine con età ≤ 12 anni pratica uno sport di destrezza, mentre i maschi che si allenano in uno sport di questo tipo, nella medesima fascia d'età sono solo il 2,8%, nei >12 anni le percentuali sono rispettivamente 16,0% e 1,4%). La distribuzione delle tipologie di sport tra i due sessi presenta dunque una differenza statisticamente significativa ($p<0,001$).

Le alterazioni elettrocardiografiche più frequentemente riscontrate in questo studio sono state: BBDX Incompleto (22,8%), RP (14,8%) e criteri elettrocardiografici isolati per IVS (13,8%). Complessivamente, il 53,6% degli atleti presentava almeno una delle alterazioni ECG Normali dei Criteri Internazionali. L'1,9% presentava almeno una alterazione Borderline e lo 0,7% almeno una di quelle Anormali.

5.2. ALTERAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE NORMALI

Nello studio di Halasz et al. (34) che ha valutato 886 atleti svizzeri e italiani in età pediatrica (età media 11.7 ± 2.5 anni) le alterazioni Normali più frequentemente riscontrate sono state: Criteri elettrocardiografici isolati di IVS (26.9%), pattern giovanile dell'onda T (22%) e RP (13.2%). Nel nostro studio, la prevalenza di RP è risultata sovrapponibile (14.8%), mentre quella di IVS è risultata essere circa la metà e quella del pattern giovanile dell'onda T minore di un quarto. Le differenze potrebbero essere imputabili a una diversa composizione della popolazione presa in esame, in questo studio l'età media era minore (11.7 rispetto a 12.5) così come la percentuale di femmine (27.5% rispetto al 51.1%).

Nello studio di Sharma et al. (31) su 1000 atleti d'élite di età compresa tra 14 e 18 anni (età media 15.7 ± 1.4 anni) le alterazioni Normali più frequenti sono state: bradicardia sinusale (80%), aritmia sinusale (52%), criteri ECG isolati per IVS (45%), RP (43%), BBDX incompleto (29%). In questo studio la popolazione presa in esame era di età maggiore rispetto a quella del nostro studio, si confrontano dunque le prevalenze riportate nello studio inglese con le alterazioni Normali più frequenti del sottogruppo con età > 12 anni (età media 15.1 anni) del nostro studio. La prevalenza di BBDX incompleto risulta sovrapponibile (31.1%), mentre quelle di RP (20,1%), criteri ECG isolati di IVS (12.1%) e bradicardia sinusale (8.2%) risultano molto inferiori. Queste differenze potrebbero essere spiegate dal fatto che in questo studio hanno preso in esame solo atleti d'élite mentre nel nostro sono stati valutati atleti con grado eterogeneo di allenamento.

Nel recente studio italiano di Calò et al. (42) che ha valutato 2261 giovani calciatori maschi (età media 12.2 ± 2.6 anni) le alterazioni Normali più frequenti sono state: RP (37.72%), criteri ECG isolati per IVS (26.93%), bradicardia sinusale (23.6%), BBDX incompleto (15.7%). Nel confronto di tali percentuali bisogna tenere presente che nel nostro studio la metà della popolazione (51.1%) è composta da atlete femmine. Si fa il confronto, dunque, solo con la sottopopolazione composta da atleti maschi. Nel nostro studio, nella sottopopolazione indicata, la prevalenza di RP è risultata circa la metà (18.0%), quella dei criteri ECG di IVS leggermente inferiore (21.2%), nettamente inferiore quella di bradicardia sinusale (6.5%),

mentre è risultata maggiore quella di BBDX incompleto (24.3%). Una possibile spiegazione potrebbe essere il fatto che nello studio di Calò et al. sono stati analizzati solo atleti che praticavano Calcio, dunque uno sport Misto, mentre nel nostro studio erano presenti anche atleti che praticavano altri tipi di sport Misto e anche atleti che praticavano discipline di Destrezza ed Endurance.

5.2.1. Età

Andando a confrontare le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Normali (1) tra ≤ 12 anni e > 12 anni, si nota come siano presenti delle differenze statisticamente significative.

Considerando nel complesso la percentuale di atleti con almeno una alterazione ECG Normale, si vede come la percentuale sia significativamente maggiore tra gli atleti >12 anni. ($p<0,001$)

In particolare, la prevalenza di: BBDX incompleto ($p<0,001$), RP ($p<0,001$), Bradicardia sinusale ($p<0,001$), BAV di 1° grado ($p<0,001$), è maggiore negli atleti di età superiore.

Invece, l'inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3 è più frequente negli atleti di età minore ($p<0,001$).

Le alterazioni elettrocardiografiche Normali sono ritenute allenamento-correlate, perciò è ragionevole che esse siano più frequenti negli atleti con età maggiore, che si è dimostrato anche essere significativamente più allenati.

Nei Criteri Internazionali del 2017 (1) è riportato che il BBDX incompleto è un fenotipo di adattamento cardiaco all'esercizio. Degli studi eseguiti sulla popolazione adulta, hanno ipotizzato che un lieve ritardo di conduzione negli atleti possa essere legato a un rimodellamento del VD, con rimodellamento cavitario che provoca suddetto ritardo di conduzione. (43)

Nel nostro studio, la prevalenza di BBDX incompleto è risultata essere del 22,8% nella popolazione totale, 17,3% nei ≤ 12 anni e 31,3% nei >12 anni. In letteratura, sono riportate diverse prevalenze di BBDX incompleto nella popolazione giovanile:

- 3,0% nello studio americano di Meziab et al. che ha valutato retrospettivamente 32127 ECG di bambini che accedevano al Boston Children's Hospital (età media 12.1 ± 4.0 anni)(44);
- 9,8% nello studio di Halasz et al. su atleti pediatrici (età media 11.7 ± 2.5 anni)(34);
- 7,8% tra i non-atleti pediatrici (<14 anni) e 25,8% tra gli atleti pediatrici nella metanalisi di McClean et al. (32) che ha indagato gli adattamenti elettrici e strutturali del cuore dell'atleta pediatrico. In questa metanalisi sono stati considerati i dati di 14278 atleti (range di età 6-18) e sono stati comparati con quelli di 1668 non-atleti (range di età 7-18), il cut-off per definire un atleta come di età pediatrica è stato quello di avere un'età <14 anni.

In letteratura dunque, sono descritte prevalenze diverse del BBDX incompleto, sembra comunque evidenziarsi un'influenza di età e allenamento. Le prevalenze di BBDX incompleto sono maggiori all'aumentare dell'età ed è un'alterazione più frequente negli atleti rispetto ai sedentari.

La RP, che nel nostro studio era presente nel 14,8% della popolazione totale, nell'11,3% dei ≤ 12 anni e 20,1% nei > 12 anni è un reperto frequente nella popolazione generale. In una recente meta-analisi (45) è stata studiata la prevalenza di RP a livello mondiale, è emerso che essa si attesta all'11,6% nel complesso, 10,1% nei Caucasiche e 33,9% nelle persone che praticano attività fisica.

Per quanto riguarda la prevalenza di RP tra gli atleti di età pediatrica, si riportano i dati del recente studio di Halasz et al. che ha considerato 886 atleti italiani e svizzeri (età media 11.7 ± 2.5 anni)(46). La prevalenza di RP in questa popolazione si è attestata al 13,2%, con una differenza statisticamente significativa di età: l'età media era significativamente maggiore negli atleti con RP rispetto a quelli che non la presentavano ($p < 0,001$).

Anche in questo caso, si evidenzia come la letteratura confermi che la prevalenza di RP è maggiore all'aumentare dell'età e all'aumentare del grado di allenamento.

La bradicardia sinusale è frequente tra gli atleti, arrivando ad avere una prevalenza dell'80% tra gli atleti più allenati (31). Nel nostro studio, la prevalenza di Bradicardia Sinusale era del 3,6% nella popolazione totale, 0,6% nei ≤ 12 anni e

8,2% nei >12 anni. Nello studio spagnolo di Diaz-Gonzalez et al. che ha valutato 6401 atleti di età pediatrica (età media $11,2 \pm 2,9$ anni) (47) viene confermato il fatto che ci sia una correlazione con l'età: gli atleti con Bradicardia Sinusale avevano un'età significativamente maggiore di coloro che non la presentavano ($13,4 \pm 2,6$ vs. $11,1 \pm 2,9$ anni, rispettivamente, $p < 0,001$). Si ipotizza che la bradicardia sinusale sia legata a un incremento del tono vagale e a possibili cambiamenti intrinseci dei nodi seno-atriale e atrio-ventricolare(48), a loro volta effetto di un adattamento all'allenamento intenso. Probabilmente tali adattamenti necessitano di diversi anni di allenamento, e questo potrebbe spiegare la minor prevalenza di bradicardia sinusale negli atleti più giovani.

I medesimi adattamenti sembrerebbero essere implicati nello sviluppo del BAV di 1° grado. La prevalenza di BAV di 1° grado nel nostro studio è stata di 0,8% nella popolazione totale, 0,2% nei ≤ 12 anni e 1,6% nei >12 anni, risultando essere sovrapponibile a quella rilevata dallo studio di Halasz et al. (1,1%, (34)) e leggermente inferiore rispetto a quella rilevata nella meta-analisi del 2016 precedentemente citata di McClean et al. (32), che individuava una prevalenza tra gli atleti pediatrici del 2,2%.

Si tratta dunque di un reperto raro, soprattutto nei bambini, e che dovrebbe dunque indurre a eseguire degli accertamenti, a maggior ragione se si trova in associazione ad altre alterazioni sospette. Vi sono varie possibili cause di BAV nel giovane, sia congenite (autoimmunità da anticorpi anti-Ro/SSA, alterazioni strutturali del cuore, patologie elettriche primarie) che acquisite (tra cui patologie infiammatorie, infiltrative, interventi chirurgici a carico dell'atrio). (49)

Se invece, dopo aver rilevato un BAV di I grado all'ECG a riposo, si esegue un test da sforzo e si nota che tale alterazione scompare con l'aumento della FC, è più probabile che si tratti di una condizione fisiologica. Il sistema nervoso autonomo regola il periodo di refrattarietà del nodo AV, con l'esercizio e l'aumento del tono simpatico l'intervallo PR tende a diminuire.

L'inversione dell'onda T nelle derivazioni da V1 a V3, richiede considerazioni differenti. Tale alterazione è più frequente negli atleti più giovani, questo si spiega in quanto è un'alterazione strettamente legata all'età (7,3% nei ≤ 12 anni e 2,3% nei >12 anni). Essa viene anche definita pattern ECG giovanile, tipico della pre-

pubertà, in letteratura è riportata una prevalenza del 10-15% tra gli atleti adolescenti di 12 anni (di etnia caucasica), mentre la prevalenza scende al 2,5% negli atleti di 14-15 anni.(50,51)

5.2.2. Sesso

Le atlete femmine con età superiore a 12 anni hanno una prevalenza maggiore di BBDX incompleto ($p<0,001$), RP ($p<0,001$), bradicardia sinusale ($P=0,017$), BAV di 1° grado ($P=0,034$), è maggiore inoltre la percentuale delle atlete con almeno una alterazione ECG Normale ($p=0,05$); la prevalenza di onde T invertite nelle derivazioni V1-V3 invece, è maggiore nelle atlete con età pari o inferiore a 12 anni ($p<0,001$).

Oltre a questi risultati, che sono sovrapponibili a quelli della popolazione generale, si nota che tra le femmine vi è una diversa prevalenza tra le due fasce d'età per quanto riguarda i criteri elettrocardiografici isolati di IVS e IVD ($p<0,001$).

Essi risultano avere una prevalenza maggiore nelle atlete più giovani, una possibile causa potrebbe essere il minor BMI di queste ultime. La media del BMI nelle atlete ≤ 12 anni è 18,3, mentre nelle atlete > 12 anni è 21,6 ($p<0,001$).

Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere che durante il periodo adolescenziale e lo sviluppo puberale la crescita della mammella provoca l'interposizione di tessuto adiposo tra elettrodi e cuore, cosa che invece non si ha nelle atlete con età pari o inferiore a 12 anni, ed è dimostrato che questa caratteristica anatomica abbia un impatto sui voltaggi. (52)

Considerando solo gli atleti di sesso maschile, le differenze tra le due fasce d'età sono le medesime descritte nella popolazione totale del nostro studio.

5.3. ALTERAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE BORDERLINE

Nella popolazione totale del nostro studio, gli atleti con almeno una alterazione Borderline sono stati 40 (1,9%) in ordine di frequenza si è trovato: Ingrandimento Atriale Destro (22 casi, 1%), Ingrandimento Atriale Sinistro (7 casi, 0,3%), Deviazione assiale destra (6 casi, 0,3%), BBDX completo (3 casi, 0,1%) e Deviazione assiale Sinistra (2 casi, 0,1%).

Andando a confrontare le prevalenze trovate nel nostro studio con quelle presenti in letteratura, nella metanalisi di McClean et al. (32) si ha una prevalenza di ingrandimento atriale sinistro del 3,5%, di ingrandimento atriale destro del 5,9%, di deviazione assiale sinistra dello 0,4% e di deviazione assiale destra del 3,7%. Per ognuna, si vede come nella metanalisi la prevalenza sia maggiore rispetto al nostro studio. Una possibile spiegazione di questa differenza potrebbe essere legata al fatto che nella metanalisi l'età media era maggiore così come la percentuale di atleti maschi.

5.3.1. Età e Sesso

Ponendo a confronto la prevalenza delle alterazioni elettrocardiografiche Borderline nelle due fasce d'età, non emergono differenze statisticamente significative, ad eccezione del fatto che l'Ingrandimento atriale destro risulta più frequente negli atleti con età pari o inferiore a 12 anni ($p=0,047$).

D'Ascenzi et al in un recente articolo hanno proposto di rimuovere i criteri di ingrandimento degli atri dal gruppo delle alterazioni Borderline, visto che i criteri elettrocardiografici per identificare tali anomalie degli atri non sembrano effettivamente correlare ad alterazioni ecocardiografiche negli atleti pediatrici e non ci sono evidenze in letteratura sul significato clinico di questo reperto elettrocardiografico nella popolazione in questione.(36)

In seguito a normalizzazione per sesso, non emergono differenze statisticamente significative tra le due fasce d'età per quanto riguarda la prevalenza delle alterazioni Borderline.

5.4. ALTERAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE ANORMALI

Per quanto riguarda le alterazioni ECG Anormali, nel nostro studio sono stati trovati 16 atleti che ne presentavano almeno una (0,7%). Le alterazioni Anormali riscontrate, in ordine di frequenza sono state: Inversione patologica dell'onda T (8 casi, 0,4%), almeno 1 BEV nell'ECG a riposo (6 casi, 0,3%), QRS \geq 140 ms (1 caso, 0,04%), pre-eccitazione ventricolare (1 caso, 0,04%).

Come per le prevalenze delle alterazioni ECG Borderline, anche le prevalenze delle alterazioni ECG Anormali del nostro studio se confrontate con quelle della metanalisi (32) risultano sempre essere inferiori (negli atleti, la prevalenza di TWI è di 6,7%, di cRBB 0,5%, di pre-eccitazione ventricolare 0,6%).

L'atleta in cui è stata riscontrata la pre-eccitazione ventricolare nell'ECG a riposo presentava anche: criteri ECG isolati per IVD e deviazione assiale destra. È stato sottoposto a ecografia, Holter e studio elettrofisiologico, l'idoneità è stata concessa ed è stata posta diagnosi di pre-eccitazione ventricolare intermittente in doppio Kent asintomatico. L'idoneità all'attività sportiva agonistica è stata concessa in quanto è stato dimostrato che si trattava di un fenotipo benigno, in cui la via accessoria non conduceva a frequenze cardiache elevate.

L'atleta che presentava QRS \geq 140 ms aveva un BBDX completo, è stato sottoposto a ecografia ed Holter ed è stata descritta la presenza di PFO con lieve shunt e lieve ingrandimento ventricolare destro.

Andando a confrontare le prevalenze delle alterazioni Anormali tra gli atleti con età pari o inferiore a 12 anni rispetto a quelli con età maggiore, si vede che l'unica differenza statisticamente significativa si ha nella prevalenza di TWI patologica ($p < 0,001$). Tutti i casi (8) di TWI patologica del nostro studio si trovano negli atleti di età maggiore, in particolare si hanno 2 casi tra gli atleti maschi e 6 tra le femmine. Facendo una normalizzazione per sesso, tale differenza rimane se si considera la popolazione femminile ($p = 0,003$), mentre si annulla considerando quella maschile. Questa differenza è confermata dai dati della letteratura, ad esempio nella metanalisi precedentemente nominata, viene valutato anche l'impatto dell'età sulle

prevalenze delle alterazioni ECG dell'atleta. Negli atleti con età pari o superiore a 14 anni vi è una prevalenza significativamente maggiore di TWI ($p < 0,001$). (32)

Nessuno degli atleti del nostro studio ha presentato 2 o più BEV all'ECG a riposo, si è dunque spostato il cut-off ad 1. Tale condizione è comunque risultata estremamente rara nella popolazione totale dello studio (6 casi, 0,3%), perciò sembra opportuno considerare anche la presenza di un singolo BEV riscontrato all'ECG a riposo un'alterazione Anormale. Nella stratificazione del rischio degli atleti con BEV riscontrati nell'ECG a riposo, sembra utile considerarne la morfologia e la scomparsa o meno con l'esercizio fisico. (36)

5.5. ALTERAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE E DIFFERENZE DI GENERE

Visto che la popolazione oggetto del nostro studio è nell'età dello sviluppo e le differenze intergenere risentono di cambiamenti legati alla pubertà, si è deciso di svolgere i confronti tra i due sessi normalizzando per età.

Nei ≤ 12 anni, se si considerano complessivamente tutti gli atleti con almeno una alterazione ECG normale, si nota come la percentuale sia maggiore nei maschi. Nello specifico, vi è una differenza statisticamente significativa in termini di prevalenza di: IVS, IVD e RP, tutte queste alterazioni sono più frequenti negli atleti maschi.

Valutando invece tali differenze tra i due sessi nella sottopopolazione di atleti con età >12 anni, si nota che nei maschi oltre ad essere più frequenti le medesime alterazioni ECG presenti nel sottogruppo di età inferiore (Totale degli atleti con almeno una alterazione ECG Normale, IVS, IVD, RP) vi è anche una maggior prevalenza di Bradicardia Sinusale.

Per spiegare queste differenze tra i due sessi, si deve tenere conto dei dati esposti precedentemente sulla quantità e sul tipo di sport. Negli atleti di età inferiore, vi è una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda la quantità di allenamento tra i due sessi, con i maschi che risultano essere più allenati delle femmine. Inoltre, non vi è un'equa ripartizione delle tipologie di Sport tra i due sessi, in entrambe le fasce d'età la percentuale di atlete femmine che praticano uno sport di Destrezza è circa dieci volte maggiore rispetto a quella dei maschi.

Nell'articolo Female Athlete's Heart di D'Ascenzi et al. (53) vengono confrontate 360 atlete Olimpiche femmine con 360 atleti Olimpici maschi, facendo un match di età e sport. Benché l'età media fosse maggiore rispetto a quella della popolazione nel nostro studio (23 ± 5), è comunque interessante considerare i dati presentati. Anche in questo studio emergono delle differenze statisticamente significative tra i due sessi a proposito delle prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche, in particolare i maschi presentano una prevalenza maggiore di: IVS ($p < 0,001$), IVD

($p < 0,001$), RP ($p = 0,008$), BAV di 1° grado ($p < 0,05$), BBDX incompleto ($p < 0,001$). Nelle femmine invece, è riportata una prevalenza maggiore di Ingrandimento atriale sinistro ($p < 0,05$) e TWI ($p = 0,005$).

I meccanismi alla base di queste differenze che vengono ipotizzati sono: la differente conformazione del torace e possibili differenze nel posizionamento degli elettrodi a causa dell'interposizione della mammella; fattori ormonali e il fatto che le dimensioni assolute del cuore sono minori nelle femmine.

In questo studio è stata svolta anche una valutazione ecocardiografica, ed è confermato che la tipologia di sport ha un impatto rilevante sia sul modellamento del VS che del VD. Le dimensioni del VD, del VS e dell'atrio sinistro aumentano con grado minore nelle atlete che praticano uno sport di Destrezza, mentre il rimodellamento è maggiore negli sport Misti e massimo in quelli di Endurance.

Sia nella sottopopolazione con età ≤ 12 anni sia in quella >12 anni non ci sono differenze statisticamente significative tra i due sessi prendendo in esame le alterazioni Borderline e Anormali.

5.6. ALTERAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE E QUANTITA' DI ALLENAMENTO

Il 59,3% dei molto allenati presenta almeno una alterazione ECG Normale, la percentuale diminuisce a 50,3% nei poco allenati mentre torna a salire a 58,5% nei non allenati ($p=0,002$). Le prevalenze di BBDX Incompleto presentano un andamento simile. La prevalenza di RP, Bradicardia Sinusale e BAV di I grado aumenta all'aumentare del grado di allenamento. Questo sembrerebbe ragionevole poiché tale gruppo di alterazioni elettrocardiografiche è allenamento-correlato.

La prevalenza di inversione dell'onda T V1-V3 è tanto maggiore quanto minore il grado di allenamento ($p<0,001$). Questo potrebbe essere dovuto al fatto che i molto allenati hanno un'età maggiore rispetto ai non allenati e ai poco allenati (età media dei molto allenati: 14,2 anni, poco allenati 11,6, non allenati 10,6), e come detto precedentemente tale alterazione elettrocardiografica è fortemente legata all'età.

Le alterazioni elettrocardiografiche Normali comprendono per la maggior parte alterazioni strettamente legate al rimodellamento cardiaco allenamento correlato e al cambiamento del tono vagale, ma comprendono anche l'inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3, questa alterazione dipende invece esclusivamente dall'età. Perciò, per fare un'analisi statistica con l'obiettivo di valutare l'impatto della quantità di allenamento sulle prevalenze delle alterazioni Normali tra gli atleti del nostro studio (che hanno un'età che va dall'infanzia all'adolescenza) si rende necessaria una normalizzazione per età.

Si nota che il p value assume un valore statisticamente significativo solo nel sottogruppo di età pari o inferiore a 12 anni per: totale dei casi con ≥ 1 reperti ECG Normali ($p= 0,006$), BBDX incompleto ($p=0,029$), Inversione onda T V1-V3 ($p <0,001$).

Nei ≤ 12 anni permane una netta correlazione tra quantità di allenamento e sia inversione dell'onda T in V1- V3, sia presenza di almeno una alterazione ECG Normale (con proporzionalità inversa). La distribuzione delle prevalenze di BBDX incompleto invece presenta lo stesso andamento che aveva nella popolazione generale: la prevalenza è massima nei non allenati (25,6%), scende nei poco allenati (17,0%) e torna a salire nei molto allenati (18,6%).

Benché non si raggiunga la significatività statistica, negli atleti >12 anni sembrerebbe confermarsi il fatto che all'aumentare del grado di allenamento aumenti la prevalenza di alterazioni quali la RP ($p=0,55$) e la Bradicardia sinusale ($p=0,62$). Ad esempio, la RP è stata individuata nel 22,6% degli atleti molto allenati, nel 14,8% degli atleti poco allenati e nel 14,3% dei non allenati.

Nella metanalisi di McClean et al. (32) viene invece raggiunta la significatività statistica nelle differenze tra le prevalenze nella popolazione di atleti e non atleti pediatrici per quanto riguarda: bradicardia sinusale ($p<0,001$), BAV di 1° grado ($p<0,001$), BBDX incompleto ($p<0,001$), criteri ECG isolati di IVS ($p<0,001$) e RP ($p<0,001$).

D'Ascenzi et al. (33) hanno svolto uno studio che ha confrontato l'ECG a riposo di 94 bambini maschi (57 atleti di endurance, età media $10,8 \pm 0,2$ anni e 37 controlli sedentari $10,2 \pm 0,2$ anni) al baseline e dopo 5 mesi di allenamento e crescita per gli atleti e di sola crescita per i controlli. Da questo studio è emerso che negli atleti preadolescenti l'ECG a 12 derivazioni a riposo non è influenzato in modo sostanziale dall'allenamento e non sembra riflettere un rimodellamento cardiaco indotto dall'esercizio, sembra invece essere più rilevante la crescita e la maturazione sessuale. Ad esempio, la prevalenza di BBDX incompleto non differisce in modo statisticamente significativo tra atleti e controlli (19% e 15% rispettivamente, $p=0,69$), e non sono emersi cambiamenti dopo i 5 mesi di allenamento. Anche la RP non correla con l'allenamento in questa popolazione, mentre c'è una relazione con la scala di Tanner.

Considerando le alterazioni Borderline non ci sono differenze statisticamente significative tra i tre gruppi suddivisi in base alla quantità di allenamento.

Confrontando invece le prevalenze delle alterazioni elettrocardiografiche Anormali, emerge che la prevalenza tra gli atleti di uno o più BEV correla in modo inversamente proporzionale all'allenamento ($p=0,015$). Svolgendo una normalizzazione per età, la presenza di questa differenza statisticamente significativa viene meno.

5.7. ALTERAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE E TIPOLOGIA DI SPORT

La percentuale di atleti con almeno una alterazione ECG Normale ($p=0,029$,) e la prevalenza di IVS ($p<0,001$), IVD ($p<0,001$), e RP ($p=0,004$) è minima tra gli atleti che praticano uno sport di Destrezza, aumenta tra coloro che praticano uno sport di Endurance ed è massima tra chi pratica uno sport Misto.

La prevalenza di Inversione dell'onda T V1-V3 segue un andamento opposto ($p<0,001$), è più frequente tra gli atleti che praticano uno sport di Destrezza, seguono quelli che praticano uno sport di Endurance ed è minima tra quelli che praticano uno sport Misto.

Come sottolineato in precedenza, bisogna ricordare che nella nostra popolazione vi è una differenza statisticamente significativa nella ripartizione di maschi e femmine nelle varie tipologie. Posto inoltre che è stato dimostrato esserci una differenza rilevante tra i due generi in termini di prevalenze delle alterazioni Normali, si rende necessario svolgere una normalizzazione per sesso. In seguito a tale normalizzazione, nel sottogruppo delle femmine non si evidenziano differenze statisticamente significative tra le atlete che praticano diverse tipologie di Sport.

Si riscontrano differenze statisticamente significative nel sottogruppo dei maschi, in particolare per quanto riguarda le prevalenze dell'inversione dell'onda T nelle derivazioni V1-V3 ($p<0,001$) e del BBDX incompleto ($p=0,012$). In entrambi i casi, tali alterazioni sono più frequenti tra gli atleti che praticano uno sport di Destrezza, seguono per frequenza gli atleti che praticano uno sport di Endurance e infine quelli che praticano uno sport Misto. Una possibile spiegazione potrebbe essere legata al fatto che gli atleti che praticano uno sport di Destrezza e di Endurance hanno un'età media significativamente minore rispetto a quelli che praticano uno sport Misto.

Nel considerare tali dati è necessario tenere presente anche che la quantità di allenamento non è equamente distribuita tra le varie tipologie di sport. Nella nostra casistica, coloro che praticano uno sport di Destrezza sono mediamente meno allenati di coloro che praticano uno sport di Endurance, che a loro volta risultano essere meno allenati di coloro che praticano uno sport Misto.

5.8. PROPOSTA: CREAZIONE DI CRITERI SPECIFICI PER L'ETA' PEDIATRICA

Alla luce dei dati presentati, sembra necessario valutare delle modifiche dei Criteri Internazionali del 2017 (1) per adattarne l'applicazione a una popolazione pediatrica. Come descritto precedentemente, la prevalenza di: bradicardia sinusale, BAV di 1° grado, BBDX incompleto e RP è significativamente minore negli atleti con età pari o inferiore a 12 anni rispetto a quelli di età maggiore. *Figura 15*

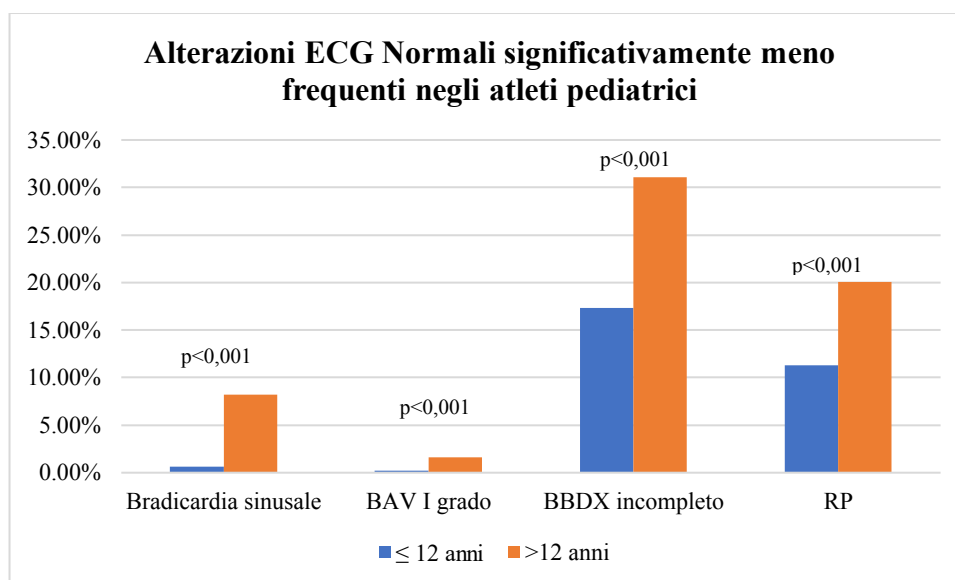


Figura 15. Alterazioni ECG Normali significativamente meno frequenti negli atleti ≤ 12 anni rispetto ai > 12 anni. BAV, Blocco atrio-ventricolare; BBDX, Blocco di Branca destro; RP, Ripolarizzazione Precoce.

Il BBDX incompleto e la RP sono comunque reperti molto frequenti anche in età pediatrica (prevalenza nei ≤ 12 anni del 17,3% e dell'11,3% rispettivamente), a differenza della bradicardia sinusale (prevalenza dello 0,6% nei ≤ 12 anni) e del BAV di 1° grado (0,2%). In tutta la popolazione presa in esame nel nostro studio, non è emerso alcun caso di BAV di 2° grado tipo Mobitz 1.

La bradicardia sinusale e il BAV di 1° grado inoltre, nell'età pediatrica, non sono allenamento correlate. *Figura 16*

PREVALENZE DELLE ALTERAZIONI ECG NORMALI SUDDIVISE IN BASE ALLA QUANTITA' DI ALLENAMENTO NEI ≤12 ANNI

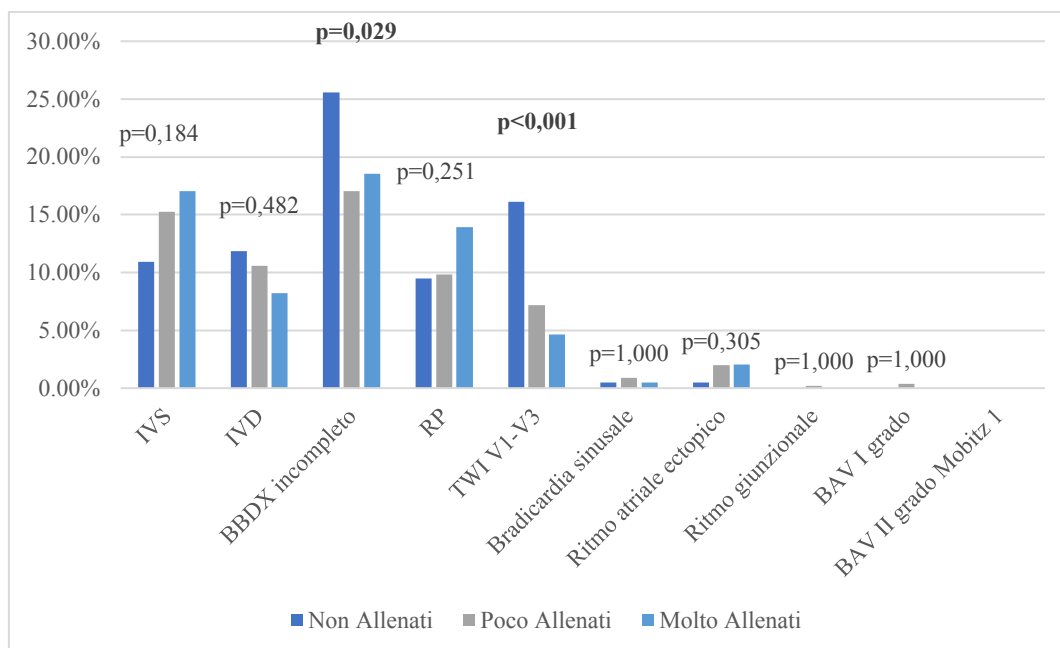


Figura 16. Prevalenze delle alterazioni ECG Normali suddivise in base alla quantità di allenamento nei ≤ 12 anni. BAV, Blocco atrio-ventricolare; BBDX, Blocco di Branca destro; IVD, Ipertrofia Ventricolare Destra; IVS, Ipertrofia Ventricolare Sinistra; RP, Ripolarizzazione Precoce; TWI, T Wave Inversion.

La bradicardia sinusale, il BAV di 1° grado e di 2° grado tipo Mobitz 1 sono reperti molto rari nei bambini, e anche in un atleta andrebbe valutato attentamente se nel caso specifico l'entità di allenamento praticato li possa giustificare. Un test dirimente in questi casi è la prova da sforzo: se tali alterazioni sono dovute all'allenamento (a causa di un ipertono vagale) con l'esercizio dovrebbero scomparire e dunque se questo si verifica si tratta di una condizione fisiologica e benigna, se invece non scompaiono è necessario svolgere ulteriori approfondimenti.

Il BBDX incompleto e la RP sono alterazioni con prevalenza rilevante nei bambini che praticano sport, anche se sono significativamente meno frequenti rispetto agli atleti di età maggiore.

Il riscontro di un BBDX completo in un bambino dovrebbe invece essere un forte campanello d'allarme che porta a eseguire accertamenti per indagare lo stato del cuore destro. Le evidenze disponibili in letteratura indicano che si dovrebbe

sospettare una condizione di sovraccarico delle sezioni destre del cuore, come ad esempio un forame ovale pervio o un'anomalia di Ebstein. In questi casi è ragionevole svolgere un'ecocardiografia di approfondimento.(34,36)

Infine, poiché il riscontro di BEV a riposo è un'evenienza molto rara (nella nostra popolazione solo lo 0,28% degli atleti ha presentato almeno 1 BEV nell'ECG a riposo, nei ≤ 12 anni erano in 5, lo 0,4%), sembra ragionevole modificare il cut-off da 2 a 1 BEV tra i reperti Anormali dell'ECG.

Si propone dunque di modificare i Criteri Internazionali del 2017, per adattarli all'interpretazione dell'ECG dell'età pediatrica: si ritiene opportuno spostare la bradicardia sinusale, il BAV di 1° grado e di 2° grado tipo Mobitz 1 dal gruppo delle alterazioni Normali allenamento-correlato al gruppo delle alterazioni Anormali.

Si ritiene prudente, nei bambini, spostare il BBDX completo dalle alterazioni Borderline alle alterazioni Anormali, essendo correlato ad alterazioni patologiche del cuore destro con sovraccarico emodinamico, come l'anomalia di Ebstein e difetti del setto interatriale. (34)(36)

Infine, si propone di modificare il cut-off del numero di BEV rilevati nell'ECG a 12 derivazioni a riposo da considerarsi Anormali da 2 a 1. *Figura 17*

PROPOSTA DI MODIFICA DEI CRITERI INTERNAZIONALI DEL 2017 PER L'INTERPRETAZIONE DELL'ECG DI ATLETI PEDIATRICI

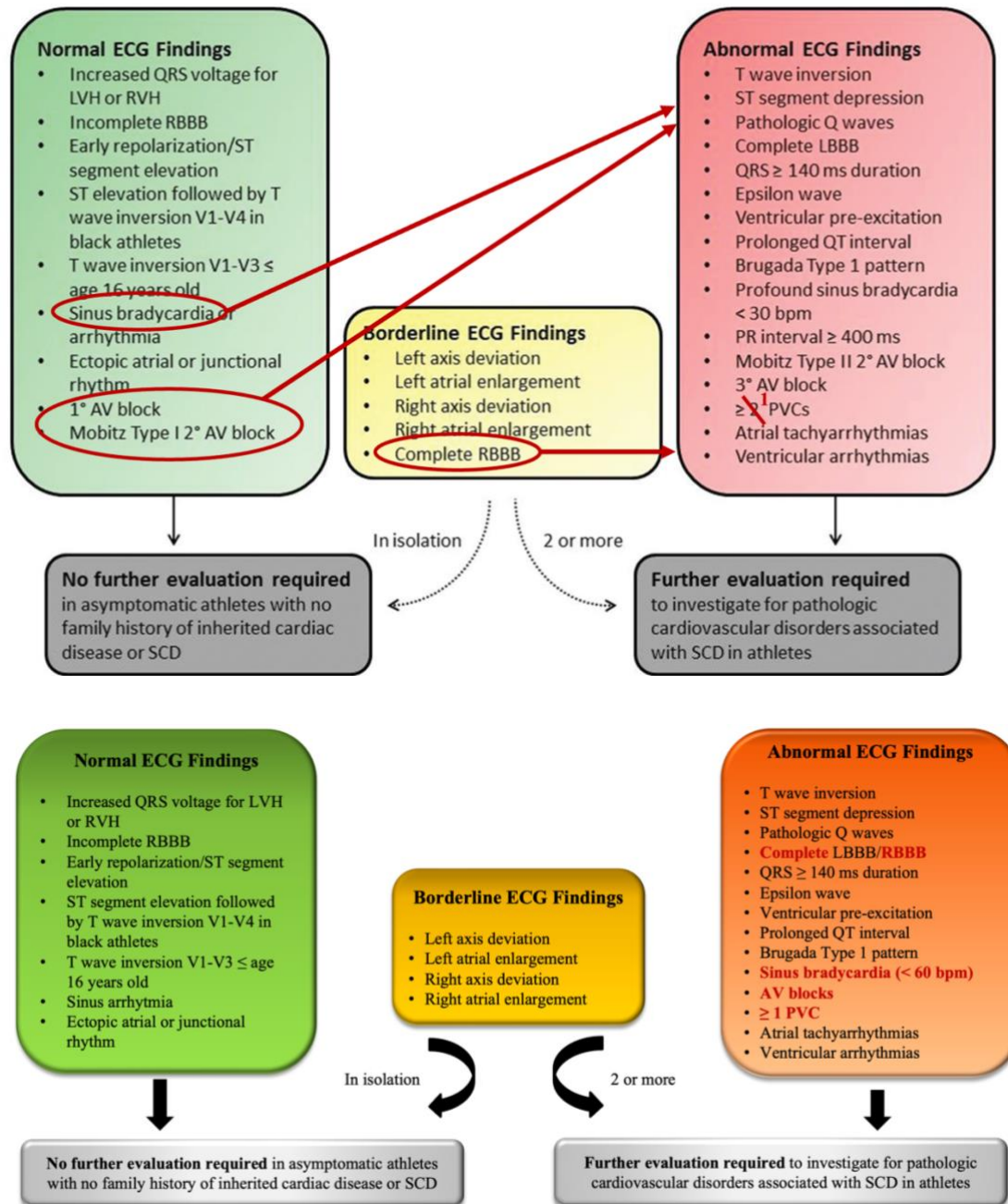


Figura 17. Proposta di modifica dei Criteri Internazionali del 2017 per l'interpretazione dell'ECG di atleti pediatrici. AV, Atrio-Ventricular; LBBB, Left Bundle Branch Block; LVH, Left Ventricular Hypertrophy; PVC, Premature Ventricular Contractions; RBBB, Right Bundle Branch Block; RVH, Right Ventricular Hypertrophy.

6. LIMITI DELLO STUDIO

Un limite di questo studio è il fatto che non tutti gli atleti sono stati sottoposti ad accertamenti tali per cui sia possibile identificare i veri positivi e i falsi positivi allo screening; perciò, non è possibile calcolare sensibilità e specificità dell'Applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 a un gruppo di atleti di età inferiore a quella validata (12 anni).

Un altro limite è dato dal fatto che all'interno della popolazione totale non vi sia stato un preciso match di età, sesso, tipologia e quantità di allenamento.

Nel nostro studio sono stati considerati bambini e adolescenti che si rivolgevano ai centri di Medicina dello Sport del territorio per ottenere l'idoneità sportiva necessaria allo svolgimento dell'attività agonistica, la quantità di allenamento è stata calcolata sulla base delle informazioni fornite dai diretti interessati nella compilazione dell'anamnesi (numero di ore e frequenza settimanale), può risultare dunque meno affidabile l'identificazione del grado di allenamento. È necessario tenerne conto se si vogliono comparare i risultati ottenuti con quelli di studi in cui sono stati presi in esame solamente atleti pediatrici d'élite, anche perché nella popolazione con età pari o inferiore ai 12 anni il numero di atleti molto allenati è risultato essere esiguo (194, 20,1%).

7. CONCLUSIONI

L'Applicazione dei Criteri Internazionali del 2017 nella valutazione dell'ECG degli atleti con età pari o inferiore a 12 anni nel contesto del PPS ha evidenziato una minor percentuale di atleti con una o più alterazioni Normali rispetto agli atleti di età superiore.

Nessun atleta ha presentato più di una alterazione Borderline. La percentuale di alterazioni Borderline e Anormali nella popolazione di atleti con età pari o inferiore a 12 anni non è stata significativamente diversa da quella degli atleti con età superiore.

Il 7,0% degli atleti è stato sottoposto ad accertamenti di secondo livello, non solo a causa di rilievi anomali all'ECG a riposo ma anche per condizioni sospette emerse da anamnesi, esame obiettivo, test da sforzo. Sono state poste 10 diagnosi, di cui 3 possibili cause di SCD.

Le prevalenze delle diverse alterazioni ECG Normali risentono di età e sesso, nel nostro studio non sembrano essere influenzate in modo significativo dalla quantità di allenamento e dalla tipologia di sport praticato.

Sono emerse delle differenze significative tra le due fasce d'età, per cui sono stati proposti dei criteri specifici per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta pediatrico. Sono significativamente meno frequenti negli atleti ≤ 12 anni la bradicardia sinusale, il BAV di 1° grado, il BBDX incompleto e la RP rispetto a quelli di età maggiore, inoltre tali alterazioni, nei bambini, non hanno evidenza di essere allenamento-correlate. Vista l'estrema rarità della bradicardia sinusale, del BAV di 1° grado e del BAV di 2° grado tipo Mobitz 1 nei bambini, si ritiene opportuno il loro spostamento dal gruppo delle alterazioni Normali a quelle Anormali nella popolazione pediatrica.

Dopo un'analisi della letteratura recente, si è considerato inoltre di spostare il BBDX completo tra le alterazioni Anormali e di modificare da 2 a 1 il cut-off per numero di BEV nell'ECG a riposo da considerare Anormali.

Sarà necessario svolgere ulteriori studi per arrivare ad avere un'ottimale gestione del PPS negli atleti bambini, e stabilire dei criteri universalmente riconosciuti per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta pediatrico sarà certamente il punto cardine.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, et al. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *Br J Sports Med.* maggio 2017;51(9):704–31.
2. Thiene G, Carturan E, Corrado D, Basso C. Prevention of sudden cardiac death in the young and in athletes: dream or reality? *Cardiovasc Pathol.* luglio 2010;19(4):207–17.
3. Corrado D, Basso C, Pavei A, Michieli P, Schiavon M, Thiene G. Trends in Sudden Cardiovascular Death in Young Competitive Athletes After Implementation of a Preparticipation Screening Program. *JAMA.* 4 ottobre 2006;296(13):1593.
4. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980–2006. *Circulation.* 3 marzo 2009;119(8):1085–92.
5. Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Schiavon M, Thiene G. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol.* dicembre 2003;42(11):1959–63.
6. D'Ascenzi F, Valentini F, Pistoresi S, Frascaro F, Piu P, Cavigli L, et al. Causes of sudden cardiac death in young athletes and non-athletes: systematic review and meta-analysis. *Trends Cardiovasc Med.* luglio 2022;32(5):299–308.
7. Maron BJ, Haas TS, Ahluwalia A, Murphy CJ, Garberich RF. Demographics and Epidemiology of Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: From the United States National Registry. *Am J Med.* novembre 2016;129(11):1170–7.
8. Corrado D, Basso C, Schiavon M, Thiene G. Screening for Hypertrophic Cardiomyopathy in Young Athletes. *N Engl J Med.* 6 agosto 1998;339(6):364–9.
9. Basu J, Malhotra A. Interpreting the Athlete's ECG: Current State and Future Perspectives. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* dicembre 2018;20(12):104.
10. Maron BJ. Sudden Death in Young Athletes. *N Engl J Med.* 11 settembre 2003;349(11):1064–75.
11. Winkel BG, Risgaard B, Sadjadieh G, Bundgaard H, Haunso S, Tfelt-Hansen J. Sudden cardiac death in children (1-18 years): symptoms and causes of death in a nationwide setting. *Eur Heart J.* 1 aprile 2014;35(13):868–75.
12. Maron BJ, Levine BD, Washington RL, Baggish AL, Kovacs RJ, Maron MS. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 2: Preparticipation Screening for Cardiovascular Disease in Competitive Athletes: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation*

[Internet]. dicembre 2015 [citato 2 maggio 2023];132(22). Disponibile su: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000000238>

13. Corrado D, Basso C, Schiavon M, Pelliccia A, Thiene G. Pre-Participation Screening of Young Competitive Athletes for Prevention of Sudden Cardiac Death. *J Am Coll Cardiol.* dicembre 2008;52(24):1981–9.
14. Corrado D, McKenna WJ. Appropriate interpretation of the athlete's electrocardiogram saves lives as well as money The opinions expressed in this article are not necessarily those of the Editors of the European Heart Journal or of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 1 agosto 2007;28(16):1920–2.
15. Douglas PS. Saving Athletes' Lives. *J Am Coll Cardiol.* dicembre 2008;52(24):1997–9.
16. De Innocentiis C, Ricci F, Khanji MY, Aung N, Tana C, Verrengia E, et al. Athlete's Heart: Diagnostic Challenges and Future Perspectives. *Sports Med.* novembre 2018;48(11):2463–77.
17. Spence AL, Naylor LH, Carter HH, Buck CL, Dembo L, Murray CP, et al. A prospective randomised longitudinal MRI study of left ventricular adaptation to endurance and resistance exercise training in humans: Cardiac adaptation to exercise training. *J Physiol.* novembre 2011;589(22):5443–52.
18. Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan MA, Spirito P. The Upper Limit of Physiologic Cardiac Hypertrophy in Highly Trained Elite Athletes. *N Engl J Med.* 31 gennaio 1991;324(5):295–301.
19. Zorzi A, Brunetti G, Corrado D. Differential diagnosis between athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy: New pieces of the puzzle. *Int J Cardiol.* aprile 2022;353:77–9.
20. Pelliccia A. Physiologic Left Ventricular Cavity Dilatation in Elite Athletes. *Ann Intern Med.* 5 gennaio 1999;130(1):23.
21. Abergel E, Chatellier G, Hagege AA, Oblak A, Linhart A, Ducardonnet A, et al. Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists. *J Am Coll Cardiol.* luglio 2004;44(1):144–9.
22. Brosnan MJ, Rakhit D. Differentiating Athlete's Heart From Cardiomyopathies — The Left Side. *Heart Lung Circ.* settembre 2018;27(9):1052–62.
23. D'Ascenzi F, Solari M, Corrado D, Zorzi A, Mondillo S. Diagnostic Differentiation Between Arrhythmogenic Cardiomyopathy and Athlete's Heart by Using Imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* settembre 2018;11(9):1327–39.
24. Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, Basso C, Bauce B, Bluemke DA, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: Proposed Modification of the Task Force Criteria. *Eur Heart J.* 1 aprile 2010;31(7):806–14.

25. Engel DJ, Schwartz A, Homma S. Athletic Cardiac Remodeling in US Professional Basketball Players. *JAMA Cardiol.* 1 aprile 2016;1(1):80.
26. Albaeni A, Davis JW, Ahmad M. Echocardiographic evaluation of the Athlete's heart. *Echocardiography.* giugno 2021;38(6):1002–16.
27. Pelliccia A, Di Paolo FM, Quattrini FM, Basso C, Culasso F, Popoli G, et al. Outcomes in Athletes with Marked ECG Repolarization Abnormalities. *N Engl J Med.* 10 gennaio 2008;358(2):152–61.
28. Davignon A, Rautaharju P, Boisselle E, Soumis F, Mégélas M, Choquette A. Normal ECG standards for infants and children. *Pediatr Cardiol.* febbraio 1980;1(2):123–31.
29. Rijnbeek P. New normal limits for the paediatric electrocardiogram. *Eur Heart J.* 15 aprile 2001;22(8):702–11.
30. Bergeron MF, Mountjoy M, Armstrong N, Chia M, Côté J, Emery CA, et al. International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *Br J Sports Med.* luglio 2015;49(13):843–51.
31. Sharma S, Whyte G, Elliott P, Padula M, Kaushal R, Mahon N, et al. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br J Sports Med.* 1 ottobre 1999;33(5):319–24.
32. McClean G, Riding NR, Ardern CL, Farooq A, Pielés GE, Watt V, et al. Electrical and structural adaptations of the paediatric athlete's heart: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* febbraio 2018;52(4):230–230.
33. D'Ascenzi F, Solari M, Anselmi F, Valentini F, Barbati R, Palmitesta P, et al. Electrocardiographic Changes Induced by Endurance Training and Pubertal Development in Male Children. *Am J Cardiol.* marzo 2017;119(5):795–801.
34. Halasz G, Cattaneo M, Piepoli M, Romano S, Biasini V, Menafoglio A, et al. Pediatric athletes' ECG and diagnostic performance of contemporary ECG interpretation criteria. *Int J Cardiol.* luglio 2021;335:40–6.
35. McClean G, Riding NR, Pielés G, Watt V, Adamuz C, Sharma S, et al. Diagnostic accuracy and Bayesian analysis of new international ECG recommendations in paediatric athletes. *Heart.* gennaio 2019;105(2):152–9.
36. Ragazzoni GL, Cavigli L, Cavarretta E, Maffei S, Mandoli GE, Pastore MC, et al. How to evaluate resting ECG and imaging in children practising sport: a critical review and proposal of an algorithm for ECG interpretation. *Eur J Prev Cardiol.* 27 marzo 2023;30(5):375–83.
37. Miljoen H, Bruyndonckx L. Paediatric athletes are not just little athletes: setting up criteria for electrocardiogram and cardiac ultrasound evaluation of children practising sport. *Eur J Prev Cardiol.* 27 marzo 2023;30(5):373–4.
38. Ng C, Ahmad A, Budhram DR, He M, Balakrishnan N, Mondal T. Accuracy

of Electrocardiography and Agreement with Echocardiography in the Diagnosis of Pediatric Left Atrial Enlargement. *Sci Rep.* 22 giugno 2020;10(1):10027.

39. Dasgupta S, Anderson S, Kelleman M, Sachdeva R. Application of pediatric Appropriate Use Criteria for initial outpatient evaluation of asymptomatic patients with abnormal electrocardiograms. *Congenit Heart Dis.* marzo 2019;14(2):230–5.
40. Surawicz B, Childers R, Deal BJ, Gettes LS. AHA/ACCF/HRS Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol.* marzo 2009;53(11):976–81.
41. Mango F, Caselli S, Luchetti A, Pelliccia A. Low QRS voltages in Olympic athletes: Prevalence and clinical correlates. *Eur J Prev Cardiol.* settembre 2020;27(14):1542–8.
42. Calò L, Martino A, Tranchita E, Sperandii F, Guerra E, Quaranta F, et al. Electrocardiographic and echocardiographic evaluation of a large cohort of peripubertal soccer players during pre-participation screening. *Eur J Prev Cardiol.* settembre 2019;26(13):1444–55.
43. Kim JH, Noseworthy PA, McCarty D, Yared K, Weiner R, Wang F, et al. Significance of Electrocardiographic Right Bundle Branch Block in Trained Athletes. *Am J Cardiol.* aprile 2011;107(7):1083–9.
44. Meziab O, Abrams DJ, Alexander ME, Bevilacqua L, Bezzerides V, Mah DY, et al. Utility of incomplete right bundle branch block as an isolated ECG finding in children undergoing initial cardiac evaluation. *Congenit Heart Dis.* maggio 2018;13(3):419–27.
45. Ji HY, Hu N, Liu R, Zhou HR, Gao WL, Quan XQ. Worldwide prevalence of early repolarization pattern in general population and physically active individuals: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 4 giugno 2021;100(22):e25978.
46. Halasz G, Cattaneo M, Piepoli M, Biagi A, Romano S, Biasini V, et al. Early Repolarization in Pediatric Athletes: A Dynamic Electrocardiographic Pattern With Benign Prognosis. *J Am Heart Assoc.* 17 agosto 2021;10(16):e020776.
47. Diaz-Gonzalez L, Bruña V, Valenzuela PL, Velásquez-Rodríguez J, Boraita A, Lucia A, et al. Sinus bradycardia in paediatric athletes. *Eur J Prev Cardiol.* 23 agosto 2021;28(10):1142–4.
48. Stein R, Medeiros CM, Rosito GA, Zimmerman LI, Ribeiro JP. Intrinsic sinus and atrioventricular node electrophysiologic adaptations in endurance athletes. *J Am Coll Cardiol.* marzo 2002;39(6):1033–8.
49. Fusi C, Lazzerini PE, Cavigli L, Focardi M, Acampa M, Cameli M, et al. Maternal Anti-Ro/SSA Autoantibodies and Prolonged PR Interval in a Competitive Athlete. *JACC Case Rep.* settembre 2022;4(17):1098–103.
50. Migliore F, Zorzi A, Michieli P, Perazzolo Marra M, Siciliano M, Rigato I,

et al. Prevalence of Cardiomyopathy in Italian Asymptomatic Children With Electrocardiographic T-Wave Inversion at Preparticipation Screening. *Circulation*. 24 gennaio 2012;125(3):529–38.

51. Calò L, Sperandii F, Martino A, Guerra E, Cavarretta E, Quaranta F, et al. Echocardiographic findings in 2261 peri-pubertal athletes with or without inverted T waves at electrocardiogram. *Heart*. 1 febbraio 2015;101(3):193–200.

52. Rautaharju PM, Park L, Rautaharju FS, Crow R. A standardized procedure for locating and documenting ecg chest electrode positions: Consideration of the effect of breast tissue on ecg amplitudes in women. *J Electrocardiol*. gennaio 1998;31(1):17–29.

53. D'Ascenzi F, Biella F, Lemme E, Maestrini V, Di Giacinto B, Pelliccia A. Female Athlete's Heart: Sex Effects on Electrical and Structural Remodeling. *Circ Cardiovasc Imaging*. dicembre 2020;13(12):e011587.

54. Sito internet dell'Istituto Nazionale di Statistica <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=24359#>

55. Sito internet della Federazione Medico Sportiva Italiana <https://www.fmsi.it/approvate-le-nuove-tabelle-per-leta-minima-di-accesso-allattivita-sportiva-agonistica/>

56. Protocolli Cardiologici per il giudizio di idoneità allo Sport Agonistico COCIS 2017. Editore: Casa Editrice Scientifica Internazionale, anno 2017.

57. Agnetti A, Greco C, Tchana B, L'ECG in età pediatrica, quaderni acp 2016. https://acp.it/assets/media/Quaderni-acp-2016_236_271-275.pdf